Aus dem tierphysiologischen Institut der Universität München
(Vorstand: E. Voit) und der biologischen Versuchsanstalt (Vorstand: R. Demoll)

Der Einfluß der Umgebungstemperatur auf den Ernährungszustand der Fische bei der Winterruhe

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der veterinär-medizinischen Doktorwürde, der tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München vorgelegt

von

Chr. Brunner

Erschienen in der „Zeitschrift für Biologie", Band 89, Heft 2, 1929

J. F. LEHMANNS VERLAG, MÜNCHEN SW 4

Aus dem tierphysiologischen Institut der Universität München
(Vorstand: E. Voit) und der biologischen Versuchsanstalt (Vorstand: R. Demoll)

Der Einfluß der Umgebungstemperatur auf den Ernährungszustand der Fische bei der Winterruhe

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der veterinär-medizinischen Doktorwürde, der tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München vorgelegt

von

Chr. Brunner

Erschienen in der „Zeitschrift für Biologie", Band 89, Heft 2, 1929

J. F. LEHMANNS VERLAG, MÜNCHEN SW 4

Gedruckt mit Genehmigung
der tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München
Referent: Prof. Dr. Erwin Voit

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Zeitschrift für Biologie, Bd. 89.
J. F. Lehmanns Verlag, München 1929.

Der Einfluß der Umgebungstemperatur auf den Ernährungszustand der Fische bei der Winterruhe*).

Von Chr. Brunner und H. Endress.

(Aus dem tierphysiologischen Institut der Universität München, Vorstand E. Voit, und der biologischen Versuchsanstalt, Vorstand R. Demoll.)

(Mit 5 Textabbildungen.)

(Der Schriftleitung zugegangen am 25. März 1929.)

I. Einleitung.

Man scheidet bekanntlich die Tiere in homoiotherme und poikilotherme. Während die ersteren vermöge der ihnen eigenen Wärmeregulation ihre Körpertemperatur, unabhängig von der jeweils bestehenden Außentemperatur, auf annähernd gleicher Höhe halten, wechselt sie bei jenen mit der Temperatur des umgebenden Mediums und stellt sich immer wieder auf diese ein. Als eine Uebergangsstufe zwischen beiden stehen gleichsam die winterschlafenden Homoiothermen, die während des Schlafes tief gesunkene Eigentemperatur zeigen.

Wir wissen, daß bei chemischen Umsetzungen die Reaktionsgeschwindigkeit von der Temperatur abhängt und v a n t H o f f[1]) hat in seinem „Temperaturkoeffizienten" dieser Abhängigkeit bestimmten Ausdruck gegeben. Ebenso unterliegen auch nach zahlreichen Untersuchungen die biologischen Vorgänge dem Einfluß der Temperatur. Auch die tierische Zelle reagiert um so rascher und die Umsetzungen steigen um so höher, je höher die Eigentemperatur ist. Diese Abhängigkeit der Umsetzung von der Temperatur, die E. V o i t[2]) in graphischer Darstellung zum Ausdruck gebracht hat, läßt uns verstehen, weshalb die Poikilothermen ihren langen Winterschlaf ohne Schädigung durchzumachen vermögen. Und wenn auch in kurzen Einzelversuchen der Einfluß der Temperatur auf die Umsetzung der Poikilothermen festgestellt ist, war es doch von Interesse, diesen Einfluß der Temperatur auf längere Zeit auszudehnen, nicht nur in wissenschaftlicher, sondern auch wirtschaftlicher Beziehung, zu geeigneter Nutzung von Poikilothermen.

*) Als Preisaufgabe gestellt und mit dem Preise gekrönt von der Tierärztlichen Fakultät der Universität München. Juni 1922.

[1]) v a n t H o f f: Vorlesungen I.

[2]) E. V o i t: Sitzungsber. d. Ges. f. Morphologie u. Physiologie **12**, 91, 1896.

II. Versuchsplan und Versuchsanordnung.

Der Plan war, unter möglichst natürlichen Verhältnissen Fische bei Ausschluß anderer Einflüsse, also möglichster Körperruhe, längere Zeit hindurch ohne Nahrungszufuhr bei verschiedenen Wassertemperaturen zu halten und Größe und Art der Umsetzung durch Bestimmung des Gewichts wie der chemischen Zusammensetzung des Tieres und seiner Organe zu ermitteln.

Als Versuchstemperaturen wurde etwa 6°, auf der anderen Seite 15—16° gewählt; als Versuchstier die Schleie, welche ohne Einwirkung von außen, auch bei der höher gewählten Temperatur, noch ruhig im Wasser steht und in ihrem Aufbaue der Zerlegung keine größeren Schwierigkeiten bietet. Die Versuchszeit ging von Ende Oktober bis Mitte März, in zwei Perioden geteilt, von November bis Januar und weiter bis März.

Der Versuchsraum. Die zu den Versuchen dienenden Aquarien, 1 m lang, 0,5 m breit und 0,4 m hoch, hatten vorn und seitlich sowie an dem Boden Wände aus Glas. Die Rückwand bildete ein mit Lack bestrichenes Eisenblech. So war eine Beobachtung der Tiere allseitig möglich. Jedes Aquarium war durch eine Scheidewand in zwei gleiche Räume geschieden, so daß je zwei Fischgruppen unter ganz gleichen Bedingungen, aber doch völlig voneinander getrennt, gehalten werden konnten. Der Boden des Aquariums war mit einer 4—5 cm hohen Schichte ausgeglühten und gewaschenen Sandes bedeckt, um den Fischen wie in Freiheit die Möglichkeit zum Eingraben zu geben. Während der Versuchszeit waren die Glaswände mit Papier bedeckt und so die Fische möglichst im Dunkeln und unbeeinflußt von außen gelassen.

Die Wasserspülung. Ständig lief Leitungswasser von einem Vorraum, gekühlt oder erwärmt, in regulierbarer Menge über eine etwa 1½ m lange, schräg gestellte Treppe mit 10 leicht nach oben gerichteten Stufen aus Eisenblech längs der einen Seitenwand in das Aquarium. Es erhielt so den nötigen Sauerstoff und die gewünschte Temperatur. Auf der dem Einlauf abgewandten Seite fand sich an einer Ecke eine etwas über die Sandschicht ragende Röhre. Sie mündete in einen unter dem Aquarium befindlichen Glaszylinder mit Thermometer und Ablaufröhre, die, in ihrer Länge nach oben verschiebbar, den Wasserstand im Aquarium (= 30 cm) festlegte.

Die gewünschten Temperaturen wurden während der ganzen Versuchszeit in möglichst engen Grenzen gehalten. Das eine Aquarium befand sich im Keller, dem Kaltraum. Seine Temperatur wurde geregelt durch entsprechendes Oeffnen der Fenster, das Aquarium selbst oder dessen Zulauf durch den erwähnten, mit Eis gekühlten Vorraum. Im Warmraum, einem Zimmer, das mittels Zentralheizung auf gleichmäßiger Temperatur gehalten wurde, war das zweite Aquarium aufgestellt, mit dem im Vorwärmer auf entsprechende Temperatur gebrachten Zulauf.

Die Temperaturmessung des Aquariumwassers erfolgte mit einem geeichten, wie erwähnt, im Auslauf des Aquariums angebrachten Thermometer, eine Einrichtung, die eine Beeinträchtigung der Fische durch das Ablesen der Temperaturen ausschloß und, wie besondere Versuche lehren, die Aquariumstemperaturen genau genug bestimmen ließ.

Daß unter der angegebenen Versuchsanordnung die Temperatur an allen Stellen des Doppelaquariums gleich ist, möge nachfolgender Vorversuch zeigen, in dem an je vier gleichmäßig im Wasser verteilten Thermometern a_1, a_2, a_3, a_4 und b_1, b_2, b_3, b_4 die Temperaturen abgelesen wurden (siehe Tabelle 1).

Die Temperaturen zeigten sich also an allen Punkten nahezu gleich und schwankten nur sehr wenig innerhalb eines Tages. Auch die mittleren Tagestemperaturen hielten sich für längere Zeit in engen Grenzen, wie Tabelle 2 lehrt. Es ändert sich während einer Woche, bei Temperaturschwankungen des Raumes um etwa 7°, die Wassertemperatur des Aquariums nur um etwa 0,5° gegenüber der Mitteltemperatur. Die Tabelle 3 soll zeigen, wie wir von den Wochentemperaturen zur mittleren Versuchs-

temperatur der einzelnen Perioden gekommen sind und wie hoch die Abweichungen von dieser Mitteltemperatur im Verlauf der ganzen Periode sich berechnen.

Tabelle 1.

Datum	Zeit	Zimmer-temperatur	Aquarium Hälfte I				Aquarium Hälfte II				Mittlere Temperatur
			a_1	a_2	a_3	a_4	b_1	b_2	b_3	b_4	
21. 10.	8h	13,8	12,4	12,4	12,3	12,3	12,3	12,3	12,3	12,3	12,33
	11h	14,2	12,3	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4	12,40
	18h	14,4	12,3	12,3	12,3	12,3	12,3	12,3	12,3	12,5	12,30
25. 10.	8h	12,5	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
	12h	13,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
	17h	13,5	12,2	12,2	12,0	12,0	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2

Tabelle 2.

(Tagestemperaturen)

Datum	Meßzeit	Außen	Warmraum		Kaltraum	
			Zimmer	Wasser	Zimmer	Wasser
15. 1. 22	14h	— 4,9	20,8	15,0	5,2	5,0
16. 1. 22	10h	— 4,0	19,3	14,8	6,6	5,2
17. 1. 22	20h	— 2,6	19,2	15,4	6,6	5,8
18. 1. 22	12h	+ 2,5	20,4	15,6	6,8	6,0
19. 1. 22	8h	— 0,2	19,8	15,8	7,0	5,8
21. 1. 22	9h	— 0,7	18,8	15,4	7,0	5,8
21. 1. 22	9h	— 0,1	21,1	16,0	7,4	6,0
Mittel:		— 1,4	19,9	15,43	6,7	5,66

Tabelle 3.

(Wochentemperaturen)

Warmraum				Kaltraum			
I. Periode (7.11.— 9.1.)		II. Periode (9.1.—10.3.)		I. Periode (7.11.— 9.1.)		II. Periode (9.1.— 10.3.)	
Woche	Temperatur in C°	Woche	Temperatur in C°	Woche	Temperatur in C°	Woche	Temperatur in C°
1	13,9	10	15,4	1	8,4	10	5,7
2	15,8	11	15,4	2	8,9	11	5,6
3	15,8	12	16,1	3	7,4	12	5,1
4	15,8	13	15,7	4	5,4	13	6,5
5	15,1	14	15,3	5	6,4	14	5,7
6	15,3	15	15,7	6	5,7	15	5,8
7	15,5	16	15,5	7	7,3	16	6,9
8	15,4	17	15,3	8	6,7	17	8,4
9	15,5	18	14,9	9	5,5	18	9,6
Mittel:	15,35		15,48		6,85		6,59

Sieht man von der ersten Woche ab, so unterscheiden sich die Wochentemperaturen des Warmaquariums sehr wenig voneinander. Die mittleren Temperaturen der beiden Perioden sind fast gleich, so daß man für das Warmaquarium während der ganzen Versuchszeit die Mitteltemperatur: 15,4° als maßgebend ansehen kann. Etwas

größere Differenzen zeigen die Temperaturen des Kaltaquariums, indem infolge der hohen Außentemperaturen zu Anfang und Ende der Versuchszeit die Kühlung des Zuflusses nicht ausreicht. Dagegen stimmen die Mittelzahlen der beiden Perioden wieder gut zusammen. Der Mittelwert wäre: 6,7°. Die Abweichungen von der Mittelzahl haben hier für die Versuchsergebnisse keine Bedeutung, da bei diesen niederen Temperaturen die Umsetzungen an sich sehr gering sind.

Die Versuchstiere. Um möglichst gleichartige Versuchsgruppen zu erhalten, schieden wir die uns in liberalster Weise von der teichwirtschaftlichen Versuchsanstalt Wielenbach zur Verfügung gestellten Schleien gleicher Zucht und gleichen Alters, etwa dreijährig, frisch nach dem Empfang in einzelne der Größe und dem Gewicht nach möglichst gleich zusammengesetzte Gruppen, wählten davon die fünf besten Gruppen aus und nahmen davon je einen Fisch zu jeder Versuchsgruppe. So entstand nachfolgende Zusammenstellung.

Tabelle 4.

(Fischgewicht in g 20. 10. 21)

Serie	Gruppe I	Gruppe II	Gruppe III	Gruppe IV	Gruppe V
a	225	220	225	218	218
b	206	213	191	201	194
c	194	190	189	188	186
d	178	178	178	180	183
e	176	176	175	174	171
Summe	979	977	958	965	952

Durch diesen Verteilungsmodus sicherten wir uns, soweit möglich, die Gleichartigkeit der Versuchsgruppen untereinander und konnten zu bestimmter Versuchszeit aus der Zusammensetzung einer Gruppe auf jede andere unter den gleichen Bedingungen gehaltene Gruppe Schlüsse ziehen.

Um die Fische einer Versuchsgruppe unterscheiden und jeden für sich identifizieren zu können, wurden sie gezeichnet, und zwar jeweils die Fische derselben Serie d. i. der gleichen Größenordnung in gleicher Weise. Die Serie *a* blieb unverändert, *b* wurde der untere und *c* der obere Teil der Schwanzflosse, *d* beide Teile, *e* die Rückenflosse gekürzt.

Wägung und Größenbestimmung. Hierzu wurde der Fisch mit flachem Netz behutsam aus dem Wasser gehoben, in ein reines, trockenes Tuch eingeschlagen, gewogen und das leere Tuch nachgewogen. Da das Tuch alle oberflächliche Feuchtigkeit wegnahm, erhielt man so das Gewicht des Fisches ohne anhaftendes Wasser. Die Messung der Länge — Schnauzenspitze bis zur Mitte des Ansatzes der Schwanzflosse — geschah jeweils vor der Wägung durch Auflegen des eingeschlagenen Fisches auf den Maßstab. Um die bei den Messungen unterlaufenden Differenzen kennenzulernen, wurde an drei Fischen Gewicht und Länge mehrmals am gleichen Tage in einem Vorversuch bestimmt.

Tabelle 5.

	Länge in cm						Gewicht in g					
Fisch Nr.	9h	11h	15h	17h	Mittel	Max.-Abw.%	9h	11h	15h	17h	Mittel	Max.-Abw.%
1	21,3	21,3	21,2	21,4	21,3	0,5	176,4	177,0	176,1	176,2	176,4	0,3
2	21,1	20,9	20,9	21,2	21,0	0,9	173,4	177,6	177,5	177,1	177,4	0,2
3	20,8	20,9	21,0	21,0	20,9	0,6	156,7	156,9	157,5	156,7	157,0	0,4

Die Messungen sind also genau genug, um aus ihnen die während der Versuchszeit sich abspielenden Veränderungen sicherstellen zu können.

Die Breite des Fisches wurde in gleicher Weise wie die Länge gemessen, und zwar jeweils an der breitesten Stelle des Fisches.

III. Versuchsergebnisse.

Die Winterruhe, wie sie in unseren Breitengraden unter natürlichen Verhältnissen bei Poikilothermen wohl nahezu immer ohne Nahrungsaufnahme abläuft, in unseren Versuchen aber selbstverständlich strikte durchgeführt wurde, ist einer längeren Hungerperiode gleichzuachten. Um ihren Einfluß festzustellen, war demnach alles in Rücksicht zu ziehen, was nach unseren Erfahrungen an Homoiothermen Einfluß auf den Verlauf und das Ergebnis des Hungerns hat, die Veränderung des Körpergewichts sowie der Organ- und Stoffzusammensetzung des Tieres, da daraus die Größe der Umsetzung und die Beteiligung der einzelnen Stoffe daran zu entnehmen war. Zu diesem Behufe war der Endzustand mit dem Anfangszustand des Tieres zu vergleichen, also jeweilig die Zusammenstellung einer Versuchsgruppe so zu wählen, daß aus einer auf alle unter gleichen Bedingungen gehaltenen ein sicherer Schluß gezogen werden konnte. Durch die Vereinigung mehrerer Fische zu einer Gruppe suchten wir uns unabhängig zu machen von den individuellen Unterschieden und deren Einfluß auf das Endresultat. Wieweit das gelungen, soll das Ergebnis der Versuche zeigen.

Der Versuch begann mit 7. November 1921, also 18 Tage nach Einlieferung der Fische, die während der Zeit möglichst kühl, unter ganz gleichen äußeren Bedingungen gehalten waren. Der Gewichtsverlust für diesen Zeitraum betrug bei allen Gruppen etwa 3 % (2,6—3,5 %). Die Fische wurden zunächst nochmals gewogen, dann die Gruppe V zur Ermittlung der Zusammensetzung zu Anfang des Versuches gleich getötet und weiter untersucht. Von den übrigen Gruppen wurden zwei (Gruppe III und IV) in das Kelleraquarium, den Kaltraum, gebracht, zwei (Gruppe I und II) in das Warmaquarium des Versuchszimmers. Für möglichste Abhaltung aller Einwirkung von außen war, wie schon erwähnt, bei beiden Versuchsserien Vorsorge getroffen. Die Aquarien erhielten ständig frischen Wasserzulauf. Die Aquariumstemperatur wurde täglich genommen und durch die Temperatur- und Mengenregulierung des Zustroms gleichgehalten. Die in der Tabelle 3 (S. 87) vermerkten Wochentemperaturen sind jeweils aus den Tagestemperaturen errechnet. So ergaben sich die Monatswerte der Tabellen. Die Fische der Gruppe III und IV wurden bis Anfang Januar gehalten, dann getötet; die Gruppen I und II bis Anfang März. So hatten wir die Möglichkeit, für den Verlauf der ganzen Winterruhe die Veränderungen des Körpers und dessen Zusammensetzung in deren Abhängigkeit von der Temperatur kennenzulernen.

a) Verhalten während des Versuches.

Die Fische standen ruhig im Wasser, gewöhnlich am Boden und zeigten nur Bewegung beim monatlichen Abfangen, später etwas weniger wie anfangs. Das trat bei den Warmfischen deutlicher in Erscheinung als bei den Kaltfischen.

b) Gewichtsänderung.

Ueber die Gewichtsänderung gibt die Tabelle 6 (S. 90) Aufschluß.

Wir können die Resultate am besten übersehen, wenn wir die prozentige Gewichtsabnahme der einzelnen Fische als Funktion der Zeit in Kurvenform auftragen (Abb. 1 S. 91).

Daraus entnimmt man, daß die Gewichtsabnahme annähernd geradlinig verläuft. Geringe Abweichungen sind vorhanden, müssen vorhanden sein, da die äußeren Einflüsse, namentlich die Wassertemperaturen, nach den Aufzeichnungen nicht völlig gleich waren. Deshalb werden auch diese

Tabelle 6.

Gruppe I: Warmfische

Datum	7. 11. 21	5. 12. 21		5. 1. 22		6. 2. 22		8.—10. 3. 22	
Versuchsdauer	Beginn	28 Tage		59 Tage		91 Tage		122 Tage	
Mittl. Temperatur		15,3°		15,4°		15,6°		15,3°	
Fischserie	Gewicht g	Gewicht g	Abnahme %	Gewicht g	Abnahme %	Gewicht g	Abnahme %	Gewicht g	Abnahme %
a	219,6	205,2	6,3	191.8	12,4	177,6	18,9	163,5	25,3
b	202,5	197,0	2,7	186,0	8,1	163,9	19,1	160,8	20,6
c	190,6	181,9	4,5	170,9	10,3	158,1	17,0	146,4	23,1
d	171,3	158,7	7,3	143,4	16,3	127,1	25,8	117,2	31,5
e	17 0,6	157,7	7,5	147,9	13,3	130,4	23,6	—*	—
Summe:	954,0	900,5	5,6	840,0	12,0	757,1	20,6	587,9	25,0

* Der Fisch e der Gruppe I ging während des Monats Februar ein und mußte dessen Endgewicht unberücksichtigt bleiben.

Gruppe II: Warmfische

Datum	7. 11. 21	5. 12. 21		9.—11. 1. 22	
Versuchsdauer	Beginn	28 Tage		64 Tage	
Mittl. Temperatur	—	15,3°		15,4°	
Fischserie	Gewicht g	Gewicht g	Abnahme %	Gewicht g	Abnahme %
a	209,7	197,3	5,6	172,2	17,6
b	209,4	197,6	5,6	173,3	15,3
c	180,5	166,0	8,0	145,8	19,2
d	171,3	160,0	6,5	141,5	17,1
e	172,8	160,6	7,0	144,9	16,1
Summe:	943,2	881,5	6,5	781,8	17,1

Gruppe III: Kaltfische

7. 11. 21	5. 12. 21		12.—14. 1. 22	
Beginn	28 Tage		66 Tage	
—	7,4°		6,3°	
Gewicht g	Gewicht g	Abnahme %	Gewicht g	Abnahme %
216,9	215,0	0,8	204,7	5,6
184,4	179,4	2,7	170,6	7,5
184,9	180,1	2,6	171,3	7,3
172,8	167,3	0,1	160,8	6,9
169,5	166,5	1,7	159,6	5,8
928,5	908,3	2,2	867,0	6,6

Gruppe IV: Kaltfische

Datum	7. 11. 21	5. 12. 21		5. 1. 22		6. 2. 22		6.—8. 3. 22	
Versuchsdauer	Beginn	28 Tage		59 Tage		91 Tage		120 Tage	
Mittl. Temperatur	—	7,4°		6,3°		5,7°		7,5°	
Fischserie	Gewicht g	Gewicht g	Abnahme %	Gewicht g	Abnahme %	Gewicht g	Abnahme %	Gewicht g	Abnahme %
a	208,8	205,6	1,5	202,4	3,6	200,9	3,8	192,7	7,7
b	200,8	198,3	1,2	194,6	3,8	191,9	4,4	185,1	7,8
c	184,9	183,2	0,9	180,3	2,5	177,2	4,3	172,0	6,9
d	173,0	173,5	+0,2	170,7	1,3	169,1	2,2	163,9	5,2
e	170,2	106,9	1,9	163,4	4,0	160,9	5,5	154,9	9,0
Summe:	937,7	927,5	1,1	911,4	2,8	900,0	4,0	868,6	9,4

Abweichungen vom geradlinigen Verlauf der Kurven innerhalb der gleichen Versuchsgruppe fast immer in demselben Sinne ausgeführt. Sie sind auffallender bei der Kaltgruppe als bei der Warmgruppe, entsprechend den größeren Temperaturschwankungen im Kaltaquarium. Man kann somit sagen, daß die Gewichtsveränderung während der Winterruhe innerhalb der gleichen Gruppe proportional der Zeit erfolgt.

Auffallend ist, daß wiederum in allen Gruppen die Kurven der gleichen Gruppe nicht zusammenfallen, sondern jede, und zwar vom Beginn an, eine verschiedene Richtung einschlägt. Die Kurven besitzen verschiedenen

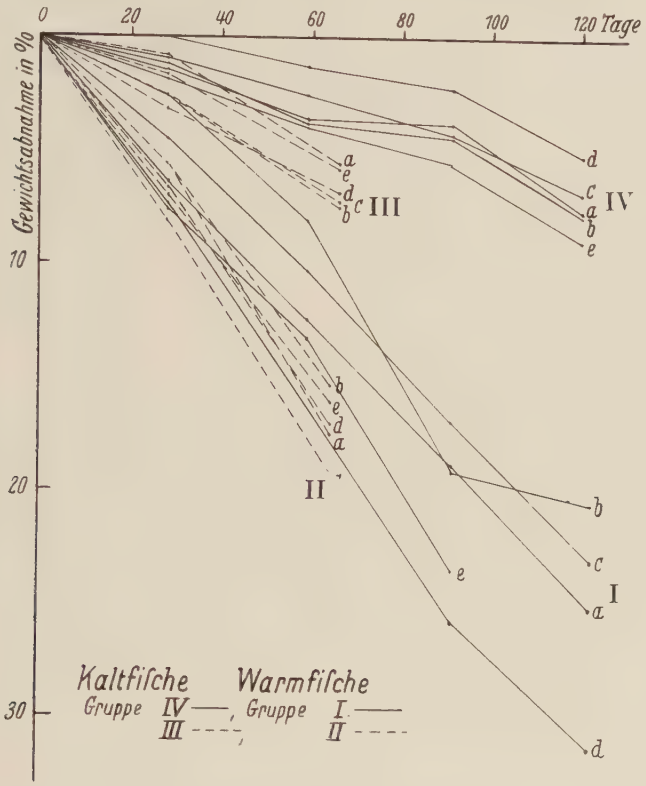

Abb. 1.

Neigungswinkel. Das hängt wohl weniger mit äußeren Einflüssen zusammen, da die Fische der gleichen Gruppe unter denselben Bedingungen gehalten wurden und die Ungleichheit schon mit Versuchsbeginn einsetzt. Die Ursache muß also in individuellen Verschiedenheiten liegen. Mit dem Anfangsgewicht hängt sie nur indirekt zusammen, denn sie richtet sich innerhalb einer Gruppe nicht nach der Größe der Fische. Wenn man die Abnahmen der Gruppen nach Fischserien zusammenzählt (Tab. 7 S. 92), so bekommt man wohl geringe Unterschiede, die aber in die Größenordnung der Serien nicht sichtbar sich einreihen.

Weiter fällt in Abb. 1 auf, daß die Gruppen mit kurzer Versuchsdauer — Gruppe III der Kaltfische und Gruppe II der Warmfische — eine relativ, d. h. für gleiche Zeiten höhere Gewichtsabnahme erfahren haben; deutlich bei der Kaltgruppe zu beobachten, aber auch noch bei der Warmgruppe erkennbar. Da das sich, wenn auch nicht auf alle, so doch auf die meisten Fische der Gruppe bezieht, handelt es sich weniger um individuelle Verschiedenheiten als um Einflüsse von außen; es ist vielleicht darauf zurück-

zuführen, daß die Gruppen III und II in den Doppelaquarien auf der rechten Seite sich befanden, wo das Licht bzw. auch der Wassereinlauf wohl eine geringe Beunruhigung der Fische veranlaßte, die auf der anderen Seite nicht gegeben war (siehe darüber auch S. 97 und 109). Jedenfalls

Tabelle 7.

Gewichtsabnahme in Prozenten zu Ende der Periode II (5. 1. 22)

Fischserie	Warmfische		Kaltfische		Summe
	Gruppe I	Gruppe II	Gruppe III	Gruppe IV	
a	12,4	17,6	5,6	3,6	39,2
b	18,1	15,3	7,5	3,8	34,7
c	10,0	19,2	7,3	2,5	39,2
d	16,3	17,1	6,9	1,3	41,6
e	13,3	16,1	5,8	4,0	39,2

sind die Resultate der Gruppen I und IV mit den längeren Versuchsperioden für die weiteren Betrachtungen als maßgebend anzusehen.

Sieht man von den besprochenen Schwankungen innerhalb der Kalt- und Warmgruppen ab und vergleicht die Ergebnisse dieser beiden miteinander, und zwar die Mittelzahlen jeder einzelnen Periode, so läßt sich der Einfluß der Temperatur leicht erkennen. In Abb. 2 sind wieder die prozentigen Gewichtsabnahmen als Funktion der Zeit in Kurvenform aufgetragen.

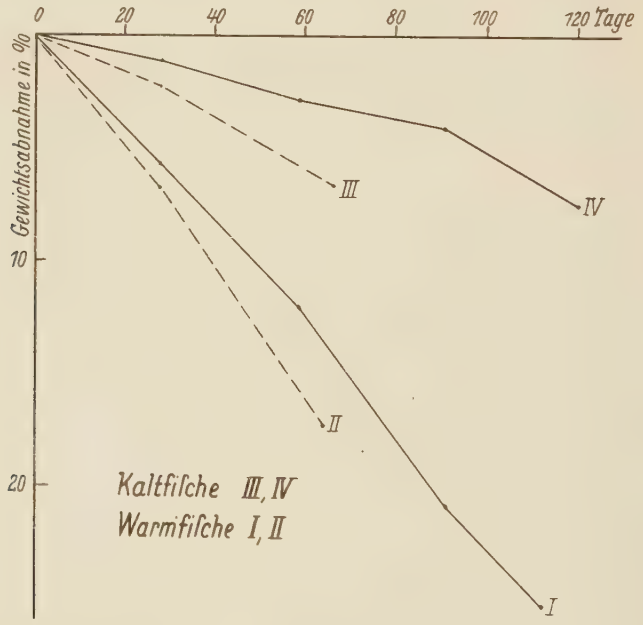

Abb. 2.

Nehmen wir aus den angegebenen Gründen nur auf die Gruppen I und IV mit längerer Versuchsdauer Rücksicht und lassen die Serie e, die

bei Gruppe I zu Ende wegfällt, auch für Gruppe IV außer Betracht, so bekommen wir die Zusammenstellung:

Tabelle 8.

Mittlere Gewichtsabnahme für 100 Anfangsgewicht.

	Gruppe I Warmfische				Gruppe IV Kaltfische			
Versuchsdauer	28 Tage	59 Tage	91 Tage	122 Tg.	28 Tage	59 Tage	91 Tage	120 Tg.
Mittlere Temperatur	15,3	15,3	15,4	15,4	7,4	6,8	6,5	6,7
Abnahme in %	5,18	11,65	20,10	24,95	0,90	2,54	3,70	6,92

Berechnet man, von der Gewichtsabnahme der Gruppen I und IV ausgehend, wieweit diese innerhalb des gegebenen Temperaturintervalls von 6,5—15,4° sich vervielfacht, erhält man als „Temperaturkoeffizienten" der einzelnen Perioden:

Perioden	I. = 28 Tage	II. = 59 Tage	III. = 91 Tage	IV. = 120 Tage
Temperatur-koeffizient	7,29	5,40	6,07	4,14

wovon der aus der ganzen Versuchsdauer von 120 Tagen gewonnene der sicherste ist, da in ihm die Unregelmäßigkeiten der Zwischenzeit zum Ausgleich kommen.

Wir haben noch weitere Versuche mit zwei Gruppen von je drei Fischen angestellt, bei den Zwischentemperaturen von 8—9° (VI. Gruppe) und 12—13° (VII. Gruppe), und zwar vom 20. 12. 1921 bis 5. 4. 1922, also 106 Tage hindurch. Wir erhielten für die Gruppe VI bei 8—9° einen Abfall des Gewichtes von 430,2 g auf 399,3 g (= 7,18 %); für die andere Gruppe VII bei 12—13° von 581,3 g auf 510,5 g (= 12,18 %). Zieht man diese beiden Gruppen mit in die Betrachtung herein, erhält man folgende Reihe.

Tabelle 9.

Fisch-Gruppe	Mittlere Temperatur	Versuchsdauer in Tagen	Gewichtsverlust	
			in %	für 100 Tage
IV	6,7	120	6,9	5,8
VI	8—9	106	7,2	6,8
VII	12—13	106	12,2	11,3
I	15,4	122	25,0	20,5

Rechnet man die Werte aller Gruppen auf gleiche Versuchsdauer von 100 Tagen um, was nach unseren obengenannten Erfahrungen seine Berechtigung hat (S. 90) und tragen wir diese Werte als Funktion der Versuchstemperatur in Kurvenform auf, so bekommen wir eine Abbildung, die mit der seinerzeit von E. Voit in gleicher Weise dargestellten Kurve der CO_3-Produktion pro Kilogramm und Stunde bei Fröschen große Aehnlichkeit besitzt. Das tritt deutlich hervor, wenn man die beiden einander naherückt, also z. B. wie in Abb. 3 die Abszissen der Froschkurve um 10° gegenüber der Fischkurve verschiebt.

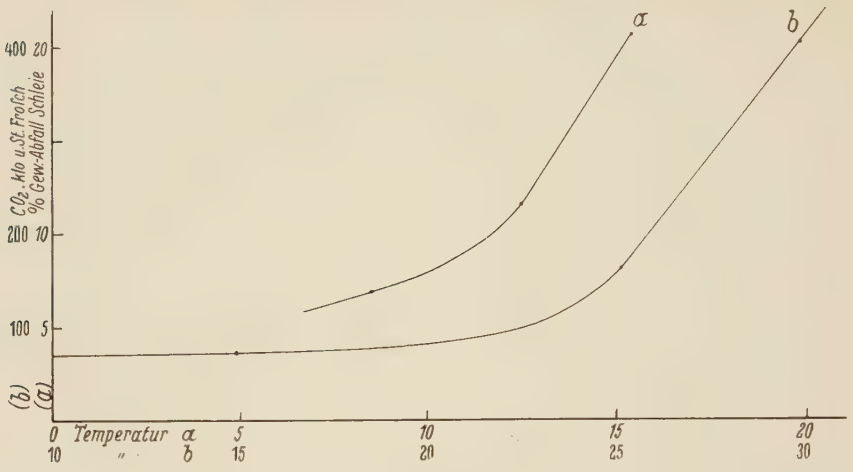

Abb. 3.

a ist die aus dem relativen Gewichtsabfall der Fische pro 100 Tage berechnete Kurve.
b ist die aus der Co_2-Abgabe pro Kilogramm und Stunde gewonnene für den Frosch.

Beide Kurven zeigen gleichen Verlauf. Nur liegt für die Schleie der Wendepunkt bei etwa 11°, während er für den Frosch mit etwa 24° zusammenfällt. Daß solche Unterschiede vorkommen, lehren uns die ungleichen Optimumtemperaturen bei Fischen. Es wäre wohl interessant, diesen Unterschieden bei den Poikilothermen näher nachzugehen.

c) Aenderung der Längen- und Breitenmaße.

Die Länge des Fisches könnte während der Winterruhe zunehmen, da trotz Mangel an Nahrung Wachstum nicht ganz ausgeschlossen scheint, wie ja auch der Rheinlachs während der Laichperiode seine Geschlechtsorgane zur vollen Entwicklung bringt, ohne augenscheinlich Nahrung aufzunehmen. Es könnte aber auch die Länge abnehmen, da bei Homoiothermen wenigstens das Skelett bei Hunger, wenn auch geringen Grades, an Masse verliert.

Wir haben an den Gruppen VI und VII Längenmessungen zu Anfang und Ende der Versuchszeit (106 Tage) ausgeführt. Die Zahlen sind:

Tabelle 10.

Gruppe VI (3 Fische)						Gruppe VII (3 Fische)					
Gewicht in g			Länge in cm			Gewicht in g			Länge in cm		
Anfang	Ende	Diff. in %	Anfang	Ende	Diff. in %	Anfang	Ende	Diff. in %	Anfang	Ende	Diff. in %
158	150	— 5,5	20,5	20,3	— 1,0	202	176	— 12,9	21,8	21,3	— 2,3
141	129	— 8,4	19,1	18,6	— 2,6	197	177	— 10,0	21,3	21,0	— 1,4
131	121	— 7,9	18,8	19,3	+ 2,7	182	157	— 13,9	21,4	20,9	— 2,3
430	400	— 7,2	58,4	58,2	— 0.4	581	510	— 12,2	64,5	63,2	— 2,0

Wenn eine Aenderung der Länge eingetreten, würde es sich höchstens um eine geringe Verminderung handeln, um 2 % für einen Gewichtsverlust von 12,2 %.

Nun haben wir auch bei unserem Hauptversuch Längenmessungen gemacht, leider erst zu Ende der Versuchszeit am toten Tier. Sie sind aber jedenfalls eben deswegen sorgfältiger zu machen gewesen. Da nun die Längenänderung mit der Dauer der Winterruhe, d. h. der Größe des Körperverlustes, zunehmen müßte, war bei Vergleich der Fischlängen, deren Messung nach sehr verschieden langen Versuchsperioden bei Warm- und Kaltfischen, also ganz ungleich großen Körperverlusten, ausgeführt wurde, doch eine Entscheidung der Frage zu erwarten. Wenn die zu Ende des Versuchs gemessene Körperlänge auf das Anfangsgewicht zu Beginn der Winterruhe, also bei normalem Ernährungszustand, bezogen wird, müßte der Quotient $L{:}G$ mit der Dauer des Versuches sinken, sobald L sich ändert. Wenn mit G_a das Gewicht in Gramm zu Anfang des Versuchs, G_e das zu Ende des Versuchs, mit L die Länge und $Br.$ die Breite des Fisches in Zentimeter bezeichnet wird, erhalten wir als Messungsresultat:

Tabelle 11.

	Gruppe V (9. 10. 21)				Gruppe III (12. 1 22)				Gruppe IV (8. 3. 22)				Gruppe II (10. 1. 22)				Gruppe I (10. 3. 22)			
	G_a	G_e	L	$Br.$	G_a	G_e	L	$Br.$	G_a	G_e	L	$Br.$	G_a	G_e	L	$Br.$	G_a	G_e	L	$Br.$
a	218	210	22,1	9,5	225	205	22,5	10,0	218	193	22,3	8,6	220	172	22,1	7,8	225	164	22,0	7,4
b	194	185	21,5	8,6	191	171	20,6	8,3	205	185	21,4	8,7	213	177	21,8	8,1	206	161	21,7	7,4
c	186	174	20,1	8,7	189	171	21,1	8,1	188	172	20,8	8,3	190	146	21,3	6,8	194	146	20,6	7,1
d	183	171	20,6	8,3	178	161	20,7	7,8	180	163	20,4	8,0	178	142	20,5	6,9	178	117	19,7	6,0
e	173	163	20,2	8,1	175	160	20,7	7,7	174	155	20,2	7,7	176	145	20,2	7,2	176	—	—	—
	954	903	104,5	43,1	958	867	105,6	41,9	965	868	105,1	41,3	977	782	105,9	36,8	979	588	84,0	27,9

Die Tabelle lehrt zunächst, was schon an sich verständlich, daß innerhalb jeder Gruppe mit den Gewichten auch die Längen kleiner sind. Um aus dem Vergleich der Längenmessungen weitere Schlüsse ziehen zu können, ist demnach der Einfluß des Gewichtes möglichst auszuschließen. Bezieht man die Längen (L) auf das Anfangsgewicht (G_a) der Fische vom 20. 10. 1921 (S. 88, Tab. 4), so ändern diese Quotienten ($L : G_a$) in jeder Gruppe augenscheinlich sich mit den Gewichten.

Tabelle 12.

	Gruppe V		Gruppe III		Gruppe IV		Gruppe II		Gruppe I	
Serie	G_a	$L:G_a$	G_a	$L:G_a$	G_a	$L:G_a$	G_a	$L:G_a$	G_a	$L:G_a$
a	218	0,101	225	0,100	218	0,102	220	0,101	225	0,098
b	194	0,111	191	0,108	205	0,104	213	0,102	206	0,106
c	186	0,108	189	0,113	188	0,111	190	0,112	194	0,106
d	183	0,113	178	0,116	180	0,113	178	0,115	178	0,111
e	171	0,118	175	0,118	174	0,116	176	0,115	176	—
Mittel	190	0,110	192	0,110	193	0,109	195	0,108	196	0,105

Betrachtet man die Quotienten $L : G_a$ als Funktion des Gewichtes G_a und trägt dieselben als Ordinaten, die zugehörigen Gewichte als Abszissen in ein Kurvennetz ein, so gruppieren sich die erhaltenen Werte um eine Gerade, die die lineare Gleichung der Funktion darstellt.

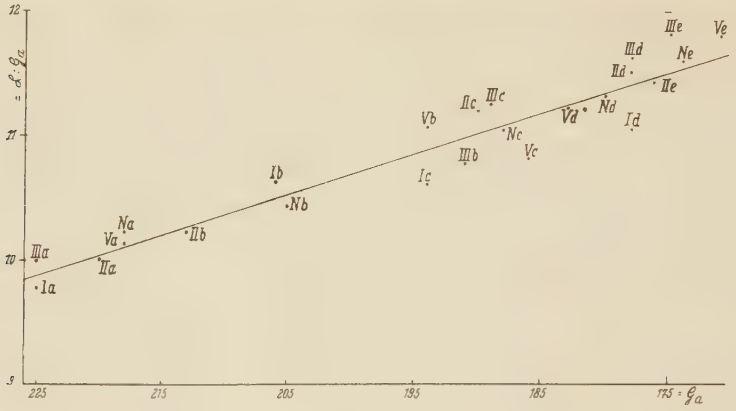

Abb. 4.

Wir erhalten aus ihr für eine Gewichtsdifferenz von 1 g einen Zuwachs für $L:G_a$ von 0,033. Damit lassen sich die den einzelnen Gewichten zugehörigen mittleren Quotienten $L:G_a$ $(= M)$ berechnen. Setzt man diesen Wert jeweils gleich 100 und bezieht den durch den Versuch direkt ermittelten Quotienten darauf, so ergibt sich:

Tabelle 13.

Gruppe	V		III		IV		II		I	
Vers.-Dauer in Tg.	18		18 + 66 = 84		18 + 120 = 138		18 + 64 = 82		18 + 122 = 140	
Temperatur			6,7		6,8		15,4		15,4	
Serie	Gew.-Verl. in %	$100 \cdot \frac{L:G_a}{M}$	Gew.-Verl. in %	$100 \cdot \frac{L:G_a}{M}$	Gew.-Verl. in %	$100 \cdot \frac{L:G_a}{M}$	Gew.-Verl. in %	$100 \cdot \frac{L:G_a}{M}$	Gew.-Verl. in %	$100 \cdot \frac{L:G_a}{M}$
a	3,67	100,4	8,9	101,2	11,5	101,3	21,8	100,2	27,1	99,0
b	4,64	101,7	10,5	98,2	9,8	99,2	16,9	99,7	21,8	101,3
c	6,45	97,0	9,0	100,9	8,5	99,7	23,1	101,7	24,7	97,6
d	6,56	99,9	9,5	101,8	9,4	99,7	20,2	100,9	34,3	96,3
e	4,68	101,4	8,6	102,7	10,9	100,5	17,6	99,9	—	—
Mittel	5,15	100,1	9,5	100,9	10,1	100,5	19,9	100,4	26,8	98,7

$100 \cdot \frac{L:G_a}{M}$ ist niedrig, d. h. der Quotient $L:G_a$ liegt unter dem Mittelwert wenn die Länge des Fisches während der Versuchszeit gesunken ist; aber auch dann, wenn das Anfangsgewicht des Fisches relativ zur Länge groß, sein Ernährungszustand also zu Beginn der Winterruhe ein sehr guter gewesen ist. Eine Veränderung in der Länge müßte sich gleichmäßig an den Tieren der ganzen Gruppe äußern, also bei Erhöhung des Wertes Wachstum und bei Sinken Verkleinerung der Länge anzeigen. Letzteres ist höchstens bei Gruppe I der Fall, die auch bei der längsten Dauer den größten Körperverlust zeigt. Aber der Unterschied beträgt im Mittel nur 1,3 % und ist auch nicht einheitlich für alle Größenserien gültig, er liegt bei Fisch *b* um 1,3 % über dem Durchschnittswert. Wenn also wirklich eine Längenverkürzung vorliegt, so ist sie doch für die ganze Dauer der Winterruhe

und den Warmfisch bei 27 % Körperverlust nur minimal und ohne Bedeutung.

Auch über den zweiten Faktor, der auf unsere Größe 100. $\frac{L:G_a}{M}$ von Einfluß, den Ernährungszustand, läßt sich aus den Zahlen nicht viel ermitteln, da in den einzelnen Gruppen nicht einheitlich relativ niedere Längenwerte mit relativ niederen Verlustzahlen, und umgekehrt, zusammentreffen, wie bei gutem resp. schlechtem Ernährungszustande notwendig wäre. Nur das eine ist zu erkennen, daß der Durchschnittswert unseres Quotienten für Gruppe I und IV niederer, für III und II höher ist. Dies ändert sich auch nicht, wenn wir bei der Bildung der Mittelzahl überall wie bei Gruppe I die Größenserie *e* unberücksichtigt lassen. Das würde bedeuten, daß an dem vorher (S. 92) erwähnten rascheren Sinken des Körpergewichts der Gruppe III und II gegenüber I und IV der verschiedene Ernährungszustand zu Beginn des Versuches vielleicht doch eine Rolle spielt.

Auch mittels der Breitenmessung ist weiterer Aufschluß darüber nicht zu erhalten. Wenn man die zu Ende des Versuchs gewonnenen Breitenmaße auf die Anfangsgewichte bezieht, erhält man für die einzelnen Perioden selbstverständlich Quotienten, die den Gewichtsverlusten dieser Periode entsprechen. Das gilt aber nur für die Mittelzahlen. Auf die einzelnen Fische bezogen, kommen doch vielfach Abweichungen vor, wohl weil die kleineren Werte durch sonstige Einflüsse zu sehr beeinflußt werden. Wir haben für die Mittelwerte, mit Ausschluß wieder der Serie *e*:

Tabelle 14.

Gruppen	V	III	IV	II	I	Mittel
Anfangsgewicht in g	781	783	791	801	803	792
Endbreite in cm	35,0	34,2	33,6	29,7	27,9	32,1
$(D_e:G_a)$ 100	4,49	4,36	4,24	3,70	3,47	4,1
Gewichtsverlust in %	5,1	9,5	10,1	19,9	26,8	14,3
Endgewicht in g	740	707	714	637	588	677
$(D_e:G_e)$ 100	4,74	4,83	4,71	4,66	4,74	4,73

Es ist vielleicht noch bemerkenswert, daß die Breitenmaße, auf die Endgewichte der Fische bezogen, wie aus der Tabelle ersichtlich, fast den gleichen Wert geben.

Die Breitenmaße ändern sich also mit den Gewichten und die eine Größe läßt sich näherungsweise zur Berechnung der anderen benutzen.

d) Das Organgewicht der Fische.

Da bekanntlich bei Homoiothermen die einzelnen Organe ganz verschiedenartig an dem Hungerverluste sich beteiligen, konnte auch hier nur durch Betrachtung der einzelnen Organe ein anschauliches Bild über die Veränderungen während der Winterruhe gewonnen werden. Wir zerlegten deshalb den Fisch nach Beendigung des Versuches in Haut, Skelett, Muskelmasse, Geschlechtsapparat und die übrigen Eingeweide. Den Geschlechtsapparat betrachteten wir deshalb gesondert, um zu erfahren, ob

eventuell bei den einzelnen Fischen schon eine Vergrößerung dieser Organe eingetreten sei.

Zu diesem Zwecke wurde jeweilig ein Fisch aus dem Wasser genommen, durch einen Schlag mit dem Holzhammer auf den Kopf getötet, die Messungen — Gewicht, Länge, Breite — vorgenommen und nun, in der Kälte, auf einer großen Glasplatte die Zerlegung durchgeführt. Die Bauchhöhle wurde der Länge nach geöffnet, die Geschlechtsorgane wie die übrigen Eingeweide gleich in Gläser mit Stopfen eingelegt, die Haut abgezogen und ebenfalls gleich eingelegt, dann das Skelett von den Muskeln sauber befreit und beide getrennt in Gläser eingefüllt. Die Summe der Organgewichte gab gegenüber dem Gewicht des Fisches immer eine Differenz von etwa 4—6 % für jeden Fisch, bedingt durch Wasserverdunstung, die trotz der Vorsichtsmaßregeln und gleichzeitiger Präparation durch zwei Personen bei der Dauer von etwa 2 Stunden für einen Fisch nicht weiter zurückzudrängen war. Der Verlust wurde, da er augenscheinlich nur von Skelett und Muskeln verursacht sein konnte, diesen beiden Organen entsprechend ihren Gewichten gutgeschrieben. Ein Substanzverlust war bei der guten Reinigung von Glasplatte und Instrumenten zu Ende des Versuches ausgeschlossen.

Um die langwierige Trennung von Muskeln und Skelett und den damit verbundenen Wasserverlust zu vermeiden, hatten wir versucht, die Lösung der Muskeln vom Skelett dadurch zu erleichtern, daß wir den ganzen Fisch im geschlossenen Topf für etwa 10 Minuten dem strömenden Wasserdampf von 98° aussetzten. Das Resultat war gut, aber die Methode für uns unbrauchbar, weil dabei jedenfalls zwischen den Organen eine Verschiebung von Wasser, wohl auch von löslichen Stoffen stattfindet. Der Versuch ergab folgende Resultate:

Der Fisch *a* mit dem Gewicht 172,6 g wurde gleich zerlegt. Der Fisch *b* mit dem Gewicht 139,5 g wurde zuerst gedämpft und dann zerlegt; sein Gewicht nach dem Abkühlen war 139,3 g, ist also, abgesehen von der geringen Abnahme von 0,2 g (= 0,14 %) beim Abkühlen, gleichgeblieben. Nun die Resultate der Zerlegung:

Tabelle 15.

	Fisch a, frisch					Fisch b, gedämpft				
	100 frisches Tier			100 lufttr. Tier	100 Organ H_2O	100 frisches Tier			100 lufttr. Tier	100 Organ H_2O
	frisch	lufttr.	H_2O			frisch	lufttr.	H_2O		
Haut	13,0	3,74	9,26	15,6	71,24	23,3	4,21	19,09	18,5	81,95
Skelett	14,6	5,18	9,42	21,6	64,55	12,3	4,80	7,50	21,1	61,00
Muskel	59,6	12.41	47,19	51.8	79,17	54,6	11.42	43.18	50.2	78,84
Eingeweide	9,1	1,96	7,14	8.2	78,41	6,7	1,71	4,99	7.5	79,21
Geschlechtsorg.	3,5	0,62	2,88	2,6	82,20	2,9	0,55	2,35	2,4	81,18
Tier	99,8	23,91	76,03	99,8	76,03	99,8	22,69	77,26	99,7	77,26

Der Einfachheit halber haben wir hier nur die relativen Zahlen als direkt vergleichbare Werte eingeführt. Sie weisen darauf hin, daß während des Dämpfens die Haut Wasser aufnimmt, nicht von außen, denn das Gesamtgewicht des Fisches ändert sich wie angegeben nicht, sondern von den übrigen Organen; und zwar, wenn wir die hier vorliegenden Zahlen der beiden Fische als vergleichbar ansehen, etwa 10 g Wasser für 100 g Tier, was den übrigen Organen entstammt, wie dem Wassergehalt der Organe selbst zu entnehmen ist. Neben dem Wasser scheint auch eine Verschiebung von löslichen Stoffen vorzuliegen. Denn die Trockenmenge der Organe ist, auf 100 tr. Tier bezogen, fast durchwegs für den gedämpften Fisch kleiner, für die Haut dagegen erhöht. Die Dämpfmethode war also für uns nicht anwendbar.

Die einzelnen Organe wurden nun gewogen, dann im Föhnapparat bei 40—50° getrocknet, mit Mörser und Mühle pulverisiert und zur Kontrolle nochmals gewogen. Dabei machte nur die Zerkleinerung der Haut Schwierigkeiten, doch gelangten wir auch hier mittels des Mörsers zum Ziel. Nach Bergung aller Fische einer Gruppe wurde das Pulver der gleichen Organe der Gruppe vereinigt, gemischt, in ein Stopfenglas eingefüllt und nochmals gewogen. Dabei wurde der Geschlechtsapparat, der, wie auf

Tabelle 16 ersichtlich, innerhalb einer Gruppe annähernd die gleichen Größenverhältnisse zeigt, mit den Eingeweiden vereinigt. Die lufttrockenen Pulver dienten als Ausgangsmaterial zur weiteren chemischen Untersuchung.

In der folgenden Tabelle 16 ist das Gewicht der angeführten Organgruppen, das des Skeletts und der Muskeln nach dem Präparationsverlust schon korrigiert, angegeben, für den frischen wie für den trockenen Zustand. Das Trockengewicht ist berechnet aus dem unter geeigneter Berücksichti-

Tabelle 16.

Absolute Gewichte.

Serie	Präpar.-Verlust %	Frisches Tier						Trockenes Tier					
		Haut	Skelett	Muskel	Eingeweide	Geschl.-Organ	Summe	Haut	Skelett	Muskel	Eingeweide	Geschl.-Organ	Summe
Gruppe V: Kontrolltier													
a	5,12	24,85	37,21	122,98	21,20	3,44	209,68	6,52	11,86	23,11	4,09	0,89	46,47
b	4,64	26,18	28,12	108,80	16,48	5,20	184,78	6,55	9,42	20,65	3,96	0,88	41,46
c	5,23	26,70	25,52	103,47	14,89	3,80	174,38	6,60	8,10	18,13	2,79	0,49	36,11
d	5,55	23,66	26,89	98,97	15,98	5,63	171,13	6,03	8,43	17,89	3,40	0,99	36,74
e	5,50	24,55	22,57	98,45	12,69	4,72	162,98	6,28	7,24	19,06	2,52	0,66	35,76
Mittel	5,41	25,19	28,06	106,53	16,25	4,56	180,59	6,39	9,01	19,77	3,35	0,78	39,31
Gruppe III: Versuchsdauer 66 Tage. Mittl. Temp. 6,8°													
a	4,53	30,59	26,23	121,33	18,36	8,21	204,72	7,09	9,38	20,53	3,84	1,38	42,22
b	5,07	30,31	19,85	99,91	15,22	5,26	170,55	6,93	7,04	15,40	2,64	0,82	32,83
c	4,32	27,03	19,64	102,90	17,75	4,02	171,34	6,50	7,02	17,85	3,47	0,67	35,51
d	4,86	23,34	18,74	101,95	12,48	4,33	160,84	5,82	6,78	17,96	2,29	0,72	33,57
e	4,76	23,27	18,81	99,74	13,86	3,90	159,58	5,61	6,73	17,99	2,33	0,65	33,31
Mittel	4,71	26,91	20,65	105,17	15,53	5,14	173,41	6,39	7,39	17,95	2,91	0,85	35,49
Gruppe IV: Versuchsdauer 120 Tage. Mittl. Temp. 6,7°													
a	5,76	27,83	20,84	120,82	16,97	6,28	192,74	6,95	8,12	22,04	3,86	1,05	42,02
b	5,25	27,56	21,55	114,20	15,36	6,44	185,12	6,34	7,78	19,75	3,42	1,12	38,41
c	5,62	28,06	21,21	99,74	15,74	7,27	172,02	6,47	7,64	16,98	3,22	1,19	35,50
d	4,93	23,83	17,51	103,43	13,15	5,95	163,87	5,71	5,98	18,14	1,84	0,83	32,50
e	5,59	22,52	17,99	97,54	12,22	4,58	154,85	5,31	6,23	17,29	2,47	0,73	32,03
Mittel	5,43	25,96	19,82	107,15	14,69	6,10	173,72	6,17	7,15	18,84	2,96	0,98	36,09
Gruppe II: Versuchsdauer 64 Tage. Mittl. Temp. 15,4°													
a	4,52	32,08	24,31	97,97	12,13	5,75	172,24	7,16	7,99	14,70	1,76	0,92	32,53
b	4,54	29,79	25,15	104,50	14,08	3,82	177,34	6,93	8,72	15,88	2,22	0,65	34,40
c	5,25	25,06	22,53	81,93	11,60	4,64	145,76	5,65	7,55	11,45	1,41	0,73	26,79
d	5,46	20,70	17,56	85,54	11,18	6,54	141,52	4,99	6,18	13,14	2,01	1,07	27,39
e	3,77	28,45	23,00	76,31	11,58	5,52	144,92	5,40	7,31	13,50	1,93	0,91	29,05
Mittel	4,71	27,22	22,51	89,26	12,11	5,25	156,36	6,03	7,55	13,74	1,87	0,86	30,03
Gruppe I: Versuchsdauer 122 Tage. Mittl. Temp. 15,4°													
a	6,08	27,01	25,08	94,99	12,14	4,25	163,47	5,99	8,46	13,37	1,86	0,78	30,46
b	6,83	26,07	22,99	98,01	9,33	4,35	160,75	5,53	7,91	14,48	1,52	0,70	30,14
c	5,61	28,65	21,40	82,00	9,04	5,34	146,43	6,01	6,96	12,66	1,50	0,94	28,07
d	6,81	23,90	21,75	59,22	9,65	2,66	117,23	4,57	6,72	6,40	1,26	0,37	19,32
Mittel	6,23	26,41	22,80	83,57	10,04	4,15	146,97	5,52	7,51	11,73	1,53	0,70	27,00

gung der Kontrollwägung gewonnenen Luftrockengewichte mit Hilfe der bei 100° im Vakuum durchgeführten Trockenbestimmung der Organpulver. Wir legen also der Trockengewichtsberechnung eines Organs den mittleren Trockengehalt der ganzen Gruppe zugrunde, was bei dem geringen Unterschied der einzelnen Werte ohne weiteres zulässig erscheint.

Für unsere Frage, die Veränderung des Körpers und seiner Organe während des Winterschlafes festzustellen, ist wichtig, zu wissen, wieweit die individuellen Schwankungen die obigen Mittelwerte beeinflussen, d. h.

Tabelle 17.

Organ-Gewicht für 100 Tier.

Serie	100 frisches Tier					100 trockenes Tier				
	Haut	Skelett	Muskel	Eingeweide	Geschl.-Apparat	Haut	Skelett	Muskel	Eingeweide	Geschl.-Apparat
Gruppe V: Kontroll-Tiere										
a	11,85	17,74	58,65	10,11	1,64	14,02	25,52	49,73	8,80	1,91
b	14,16	15,22	58,88	8,92	2,81	15,80	22,73	49,82	9,55	2,11
c	15,31	14,63	59,33	8,54	2,18	18,28	22,43	50,20	7,72	1,36
d	13,82	15,71	57,83	9,33	3,29	16,40	22,95	48,70	9,25	2,70
e	15,06	13,85	60,41	7,78	2,89	17,57	20,26	53,30	7,05	1,84
Mittel	14,04	15,43	59,02	8,94	2,56	16,41	22,78	50,35	8,48	1,98
Gruppe III: Versuchsdauer 66 Tage. Mittlere Temperatur 6,8°										
a	14,94	11,80	59,27	8,97	4,01	16,79	22,22	48,63	9,09	3,27
b	17,77	11,60	58,57	8,93	3,08	21,11	21,44	46,91	8,04	2,50
c	15,78	11,50	60,06	10,36	2,35	18,30	19,77	50,27	9,77	1,89
d	14,51	11,70	63,39	7,76	2,69	17,34	20,20	53,50	6,82	2,14
e	14,58	11,80	62,57	8,69	2,44	16,84	20,20	54,01	7,00	1,95
Mittel	15,52	11,68	60,76	8,94	2,91	18,08	20,77	50,66	8,14	2,35
Gruppe IV: Versuchsdauer 120 Tage. Mittlere Temperatur 6,7°										
a	14,44	10,81	62,68	8,80	3,26	16,54	19,32	52,45	9,19	2,50
b	14,89	11,64	61,69	8,29	3,48	16,50	20,27	51,42	8,90	2,91
c	16,31	12,33	57,89	9,15	4,23	18,23	21,52	47,83	9,07	3,35
d	14,54	10,69	63,06	8,05	3,63	17,57	18,40	55,82	5,66	2,55
e	14,54	11,62	62,99	7,89	2,96	16,58	19,45	53,94	7,71	2,28
Mittel	14,94	11,42	61,68	8,44	3,51	17,08	19,79	52,30	8,11	2,72
Gruppe II: Versuchsdauer 64 Tage. Mittlere Temperatur 15,4°										
a	18,62	14,11	56,88	7,04	3,34	22,01	24,56	45,19	5,41	2,83
b	16,79	14,18	58,93	7,94	2,15	20,15	25,35	46,16	6,45	1,89
c	17,19	15,46	56,21	7,96	3,18	21,09	28,18	42,74	5,26	2,73
d	14,63	12,41	60,44	7,89	4,62	18,22	22,56	47,98	7,34	3,90
e	19,63	15,87	52,69	7,99	3,81	18,59	25,17	46,47	6,64	3,13
Mittel	17,37	14,40	57,03	7,76	3,42	20,01	25,16	45,71	6,22	2,90
Gruppe I: Versuchsdauer 122 Tage. Mittlere Temperatur 15,4°										
a	16,52	15,34	58,11	7,43	2,59	19,67	27,77	43,89	6,11	2,56
b	16,22	14,30	60,97	5,84	2,70	18,35	26,25	48,04	5,04	2,32
c	19,56	14,61	55,99	6,17	3,64	21,41	24,80	45,10	5,34	3,35
d	20,39	18,57	50,55	8,23	2,28	23,65	34,78	33,13	6,52	1,92
Mittel	18,17	15,71	56,41	6,92	2,80	20,77	28,40	42,54	5,75	2,54

wieweit diese verallgemeinert werden dürfen, da nicht die absoluten Werte der Gruppe, sondern nur der Vergleich mit den übrigen eine Antwort gestattet. Wir haben (S. 88) die Fischgruppen möglichst gleichartig zusammengestellt. Auch die auf S. 95 angeführten Mittelwerte für $L : G_a$ zeigen für alle Gruppen nahezu die gleiche Zahl, zum Zeichen, daß zu Anfang des Versuches nennenswerte Unterschiede nicht vorhanden waren. Wir wollen nun die Verhältnisse zu Ende dieses Versuches an den relativen Organgewichten der Tabelle 17 prüfen.

Unterschiede innerhalb der Gruppe.

Wie aus der Tabelle zu entnehmen, sind für das gleiche Organ innerhalb einer Gruppe Differenzen schon gegeben. Sie zeigen aber keinen Zusammenhang mit den Gewichtsunterschieden der Fische. Sie könnten herrühren von unzutreffender Korrektur der Verdunstung während der Zerlegung der Tiere, von ungleicher Behandlung und Verteilung der Organmassen, wenn auch mit möglichster Sorgfalt dabei verfahren wurde, zuletzt in ungleichem Fettgehalt, der Gewicht und Zusammensetzung eines Organs einseitig ändert. Die beiden erstgenannten Fehler scheinen weniger von Bedeutung, da sie wohl für das frische, aber kaum für das Trockentier in Betracht kommen, die Zahlen für frisches und trockenes Tier aber in ihrem Größenverhältnis sich kaum ändern. So bleibt wohl neben eventuell individuellen Differenzen der Hauptsache nach der ungleiche Fettgehalt dafür verantwortlich. Im allgemeinen gehen übrigens die Unterschiede für das gleiche Organ nicht über 10 %. Erst bei längerer Versuchszeit, ebenso den Organen geringeren Gewichts, gehen sie darüber hinaus. Wir dürfen wohl voraussetzen, daß bei der sorgfältigen Zusammenstellung der Fische zu einer Gruppe und den immerhin geringen Unterschieden der Werte die erhaltenen Mittelzahlen als Grundlage für die während der Winterruhe sich abspielenden Aenderungen dienen können.

Die Gruppenunterschiede.

Stellen wir die gewonnenen Mittelzahlen der Gruppen (Tabelle 16) nochmals zusammen, erhalten wir Tabelle 18.

Tabelle 18.

Durchschnittsorgangewicht eines Fisches.

Gruppe Nr.	Vers.-Dauer	Temp. in Grad	Frisches Tier						Trockenes Tier					
			Tier	Haut	Skelett	Muskel	Eingeweide	Geschl.-Organe	Tier	Haut	Skelett	Muskel	Eingeweide	Geschl.-Organe
V	Kontrolle		180,6	25,2	28,1	106,5	16,3	4,6	39,3	6,4	9,0	19,8	2,4	0,78
III	66	6,8	173,4	26,9	20,7	105,2	15,5	5,1	35,5	6,4	7,4	17,6	2,9	0,85
IV	120	6,7	173,7	26,0	19,8	107,2	14,7	6,1	36,1	6,2	7,2	18,8	3,0	0,98
II	64	15,4	156,4	27,2	22,5	89,3	12,1	5,3	30,0	6,0	7,6	13,7	1,9	0,86
I	122	15,4	147,0	26,4	22,8	83,6	10,0	4,2	27,0	5,5	7,5	11,7	1,5	0,70

Die Fische haben alle gegenüber der Gruppe V (Versuchsanfang) abgenommen, aber sehr verschieden je nach der Dauer und der eingeführten Temperatur, die Gruppen III und IV sehr wenig ($T = 6{,}4°$), Gruppe I und II

sehr viel ($T = 15{,}4^{0}$). An dieser Abnahme beteiligen sich auch die einzelnen Organe sehr ungleich. Die Haut und der Geschlechtsapparat scheinen an Gewicht nichts verloren zu haben, auch das Skelett relativ nur wenig, dagegen weit mehr Muskeln und Eingeweide. Diese Unterschiede treten noch viel deutlicher hervor, wenn wir die Abnahme der einzelnen Organe berechnen, indem wir für das Anfangsgewicht die bei der Gruppe V erhaltenen relativen Organwerte unter Berücksichtigung des ungleichen Anfangsgewichtes der Tiere zugrunde legen, namentlich wenn wir mit Hilfe des später anzuführenden Fettgehaltes auf fettfreie Substanz umrechnen.

Tabelle 19.

Durchschnittsorgangewicht für 100 Anfangsgewichte.

Gruppe Nr.	Vers.-Dauer	Vers.-Temp. C°	Frisches fettfreies Tier					Trockenes fettfreies Tier				
			Tier	Haut	Skelett	Muskel	Eingeweide	Tier	Haut	Skelett	Muskel	Eingeweide
V	Kontrolle		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
III	66	6,8	94,2	104,6	72,3	96,7	97,8	90,3	100,7	81,8	89,5	97,0
IV	120	6,7	92,8	99,8	67,9	97,0	96,7	88,5	94,7	77,8	90,2	94,7
II	64	15,4	84,2	104,7	78,2	81,3	82,3	79,2	95,7	88,9	69,5	76,0
I	122	15,4	78,2	100,5	78,5	75,1	66,5	68,8	85,9	83,7	58,4	56,7

Die Zahlen geben ein anschauliches Bild von den Veränderungen der Organe wie des ganzen Tieres während der Winterruhe. Die Fische nehmen ab entsprechend den eingeführten Bedingungen, am wenigsten Gruppe III, kaum verschieden davon Gruppe IV trotz der längeren Versuchsdauer, wesentlich Gruppe II und noch stärker Gruppe I. Wie das Gesamtgewicht verhalten sich Muskeln und Eingeweide. Die Haut nimmt für das frische Tier gar nicht, für das Trockentier nur wenig ab. Fraglich allein ist das Skelett, weil dieses bei Gruppe V, und zwar wie aus Tabelle 16 und 17 ersichtlich, fast bei allen fünf Fischen der Gruppe, ein außergewöhnlich hohes Gewicht aufweist, so daß ihm gegenüber das Skelettgewicht der anderen Gruppen nieder erscheint. Wahrscheinlich ist aber auch für das Skelett eine, allerdings geringe Abnahme anzunehmen.

Bei der ungleichen Abnahme der einzelnen Organe werden die relativen Organgewichte des Tieres selbstverständlich geändert; Organe mit geringer Abnahme nehmen einen höheren, die mit größerer Abnahme einen kleineren Wert an. Das läßt sich der Tabelle 20 entnehmen.

Tabelle 20.

Organgewichte auf 100 fetthaltiges Tier.

Gruppe	Vers.-Dauer	Vers.-Zeit	100 frisches Tier					100 trockenes Tier				
			Haut	Skelett	Muskel	Eingeweide	Geschl.-App.	Haut	Skelett	Muskel	Eingeweide	Geschl.-App.
V	Kontrolle		14,0	15,4	59,0	8,9	2,6	16,4	22,8	50,4	8,5	2,0
III	66	6,8	15,5	11,9	60,8	8,9	2,9	18,1	20,8	50.7	8,1	2,4
IV	120	6,7	14,9	11,4	61,7	8,4	3,5	17,1	19,8	52,3	8,1	2,7
II	64	15,4	17,4	14,4	57,0	7,8	3,4	20,0	25,2	45,7	6,2	2,9
I	122	15,4	18,2	15,7	56,4	6,9	2,8	20,8	28,4	42,5	5,8	2,5

Hier sind die Zahlen für das fetthaltige Tier angegeben, um den Geschlechtsapparat, der bei der weiteren Analyse mit den übrigen Eingeweiden vereinigt sich findet, noch gesondert zur Darstellung zu bringen. Die Werte für Haut, Skelett und Geschlechtsapparat werden mit der Dauer der Winterruhe oder, allgemeiner ausgedrückt, mit der Hungerwirkung größer. Die Werte von Muskeln und Eingeweiden sinken. Sie geben das Material, von dem das Tier zehrt, mit dem Steigen der Umgebungstemperatur in erhöhtem Maße. Wir wollen darauf unter Berücksichtigung der chemischen Zusammensetzung der Organe und des Gesamtkörpers nochmals zurückkommen.

e) Die chemische Zusammensetzung.

Methodik.

Wie schon berichtet, wurden jeweils die gleichen Organe der Fische einer Gruppe nach Trocknung und Verkleinerung vereinigt und davon die Analysen angesetzt; also von Haut, Skelett, Muskeln sowie den Eingeweiden zusammen mit den Geschlechtsorganen. Wie im Institut üblich, wurden zu gleicher Zeit alle Analysenproben, je drei für jede Analyse, entnommen und zu Anfang und Ende der Probeentnahme eine Trockenbestimmung durchgeführt, um etwa vorkommende Veränderungen im Wassergehalte damit erfassen zu können. Bestimmt wurde der Trockengehalt im Vakuumapparat, zuerst 2 Stunden bei 70°, dann je 2 Stunden bei 100° bis zur Gewichtskonstanz in etwa 1 g Substanz. Dann der Aschegehalt, ebenfalls in etwa 1 g durch Verkohlen, Ausziehen der Masse, Filtrieren, Veraschen des Rückstandes bei möglichst niederer Temperatur, Abdampfen des Filtrats im gleichen Tiegel, schwachem Glühen, nachherigem Befeuchten mit $CO_3(NH_4)_2$ und nochmals schwachem Glühen. Der N-Gehalt in etwa 1 g wurde nach Kjeldahl und der Rest-N nach E. Voit in saurem Alkoholauszug durchgeführt. Zur Fettbestimmung wurden etwa 3 g verwendet. Die im Institut geübte Methode besteht darin, die Substanz mit heißem Alkohol zu übergießen, nach einigem Stehen den Alkohol samt dem Pulver auf ein entfettetes Filter zu bringen, und nach dem Ablaufen das feuchte Filter mit Inhalt im Soxhlet-Apparat 12 Stunden mit Aether zu extrahieren. Der Aetherauszug wird mit dem Rückstand des Alkoholauszuges abgedampft, im Vakuumapparat bei 60° getrocknet, dann der Rückstand mit Petroläther (Siedepunkt 48°) aufgenommen, filtriert, das Filter abgedampft und zuerst bei 50° 2 Stunden, dann bei 70°, im Vakuum getrocknet. Die auf Tabelle 21 mitgeteilten Werte entsprechen jeweilig dem Mittelwerte aus zwei gut übereinstimmenden Analysenzahlen.

Die chemische Zusammensetzung der Organe.

Die gewonnenen Analysenzahlen sind in Tabelle 21 zusammengestellt.

Tabelle 21.

100 Organsubstanz enthält

	frisch	trocken			
	H_2O	Fett	Asche	N	R.-N
		Gruppe V			
Haut	74,54	7,01	12,76	13,95	0,77
Skelett	67,23	9,64	42,27	6,61	0,35
Muskel	81,14	12,22	7,49	13,54	1,55
Eingeweide	79,40	16,26	6,20	11,10	2,35
		Gruppe III			
Haut	75,97	4,62	13,56	14,28	0,57
Skelett	64,22	4,63	50,72	6,52	0,18
Muskel	82,94	9,56	8,08	13,60	1,56
Eingeweide	80,49	11,21	6,35	11,50	2,39

(Fortsetzung der umstehenden Tabelle)

	frisch	trocken			
	H_2O	Fett	Asche	N	R.-N
		Gruppe IV			
Haut	76,18	5,26	12,73	14,36	0,71
Skelett	63,10	7,50	50,02	6,61	0,36
Muskel	82,37	12,55	8,16	13,18	1,42
Eingeweide	80,11	14,56	6,36	11,34	1,94
		Gruppe II			
Haut	77,47	2,75	14,55	14,80	0,86
Skelett	66,37	2,22	47,11	7,00	0,22
Muskel	84,63	6,58	9,92	14,10	2,00
Eingeweide	83,14	2,83	8,84	12,75	2,95
		Gruppe I			
Haut	78,95	2,65	15,46	14,41	1,09
Skelett	66,83	2,02	54,17	6,39	0,59
Muskel	85,78	8,52	9,73	13,98	2,09
Eingeweide	84,43	2,38	7,77	13,39	3,88

Der Tabelle lassen sich zwei Folgerungen entnehmen, 1. daß die verschiedenen Organgruppen eine ganz charakteristische Zusammensetzung besitzen und 2. daß diese Zusammensetzung mit der Dauer der Winterruhe sich ändert. Es läßt sich das viel leichter an den fettfreien Organen übersehen. Die Zahlen hierfür sind in der Tabelle 22 zu finden.

Tabelle 22.

100 fettfreies Organ enthält

Gruppe	frisch H_2O	trocken			100 org. Subst. = N	100 N = R.-N	frisch H_2O	trocken			100 org. Subst. = N	100 N = R.-N
		Asche	N	R.-N				Asche	N	R.-N		
	Haut						Skelett					
V	75,90	13,72	15,00	0,83	17,39	5,52	69,42	46,78	7,31	0,39	13,75	5,36
III	76,83	14,22	14,97	0,60	17,45	3,96	65,31	53,18	6,84	0,19	14,60	2,75
IV	77,15	13,43	15,16	0,75	17,51	4,92	64,90	54,08	7,15	0,39	15,56	5,42
II	77,95	14,96	15,22	0,88	17,90	5,81	66,87	48,24	7,16	0,23	13,82	3,20
I	79,40	15,88	14,80	1,12	17,60	7,57	67,28	55,29	6,52	0,61	14,58	9,28
	Muskel						Eingeweide					
V	83,06	8,53	15,44	1,77	16,85	11,48	82,15	7,40	13,25	2,80	14,31	21,14
III	84,31	8,93	15,04	1,72	16,51	11,45	82,29	7,15	13,00	2,69	14,00	20,67
IV	84,23	9,35	15,07	1,62	16,62	10,76	82,50	7,44	13,27	2,27	14,34	17,11
II	85,48	10,62	15,09	2,14	16,88	14,21	83,54	9,10	13,12	3,04	14,44	23,12
I	86,83	10,68	15,28	2,28	17,10	14,94	84,75	7,96	13,72	3,97	14,90	28,97

Bilden wir aus den Organwerten aller fünf Gruppen die Mittelwerte, erhalten wir Tabelle 23.

Die großen Unterschiede, die in der Zusammensetzung der Organe auftreten, sind der Ausdruck für die Ungleichartigkeit der Gewebe, aus denen die Organe sich aufbauen. Im Skelett und der äußeren Decke haben wir gegenüber den Weichteilen den geringeren Wassergehalt, die größere Menge

Tabelle 23.

Durchschnittswert für 100 fettfreies Organ.

Organe	Frisch H_2O	Trocken			100 org Subst. = N	100 N = R.-N
		Asche	N	R.-N		
Haut	77,45	14,54	15,03	0,84	17,55	5,56
Skelett	66,76	51,51	7,00	0,36	14,46	5,20
Muskel	84,78	9,62	15,18	1,91	16,79	12,57
Eingeweide	83,05	7,81	13,27	2,95	14,40	22,20

der Aschebestandteile und das Zurücktreten des Rest-N. Der erhöhte Aschegehalt der Haut rührt hier wohl von den verknöcherten Teilen der Schuppen. Der N-Gehalt der organischen Grundlage bezieht sich auf den verschieden großen N-Gehalt der Eiweißsubstanzen, modifiziert durch die Beimischung eiweißfreier Stoffe. Eigenartig ist der hohe Rest-N bei den Eingeweiden. Welcher Natur die eiweißfreien Stoffe sind, ist den vorliegenden Analysen nicht zu entnehmen. Aber das geht aus dem N-Gehalt der organischen Substanz wohl hervor, daß deren N-Gehalt in Haut und Muskeln etwas höher, in Eingeweiden niederer sein wird als der der eiweißartigen Substanz des Organs.

Die gleichen Differenzen wie aus den Mittelzahlen erhalten wir auch aus der Betrachtung der Fischgruppe V zu Anfang der Winterruhe, also bei Fischen guten Ernährungszustandes. Es sind also charakteristische Unterschiede für das normale Tier.

Wie zwischen den Organen eines Fisches sehen wir auch Unterschiede für das gleiche Organ bei Vergleich der Gruppen untereinander. Sie nehmen mit der Dauer des Versuchs sowie der Höhe der Umgebungstemperatur zu, sind für die Gruppen IV und III gering, weit größer für II und I. Im allgemeinen nimmt der Wassergehalt, der Aschegehalt und der Rest-N zu, der Gesamt-N ab. Allerdings liegen auch manche Unregelmäßigkeiten dazwischen, die vielleicht Analysenfehlern oder auch individuellen Schwankungen zuzuschreiben sind. Davon sei nur eine herausgegriffen, da ihr eine gewisse Bedeutung bei den späteren Betrachtungen zukommt. Das ist der relativ niedere Aschegehalt des Skeletts bei der Gruppe V. Ihm entspricht ein hoher Wassergehalt und (S. 102) ein relativ hohes Skelettgewicht, so daß man zur Ueberlegung kommt, ob nicht doch durch ungenügende Trennung des Muskelgewebes dieser Fehler verursacht wäre. Wir können uns darüber Rechenschaft geben, wenn wir auf Grund des Unterschieds im Wasser- oder Aschegehalt zwischen Muskel und Skelett mittels der von E. Voit[3]) für solche Fälle angegebenen Gleichung die dem Skelett eventuell anhaftende Muskelmenge berechnen.

Besteht ein Gemische aus zwei Körpern mit mindestens je einem gemeinsamen Bestandteil aus x Bruchteilen des einen (I) und y Bruchteilen des zweiten Körpers (II) und enthält der Körper I $= a$, der Körper II $= b$, das Gemische $= c$ % des gemeinsamen Bestandteils, dann ist: $x = \frac{c - b}{a - b}$.

[3]) E. Voit und A. Korkunoff: Zeitschr. f. Biol. **32**, 60, 1895.

Nimmt man hierfür als normalen Wasser- und Aschegehalt des Skeletts den der Gruppe III, die nur 6 % ihres Anfangsgewichts verloren, also an Skelett kaum eingebüßt hat, so berechnet sich für x (Skelett ohne Muskelverunreinigung) aus dem Wassergehalt $= 0{,}84$ und aus dem Aschegehalt $= 0{,}74$ Bruchteile reinen Skeletts, d. h. für das frische Skelettgewicht von im Mittel 28,06 g pro Fisch eine Verunreinigung mit Muskel von 4,5 resp. 7,3 g, viel zu hoch, als daß es hätte übersehen werden können. Auch der N-Gehalt des Skeletts der Gruppe V schließt eine nennenswerte Verunreinigung des Skelettes mit Muskelsubstanz aus. Er ist auf die organische Substanz berechnet mit 13,75 % der niederste von allen Gruppen und müßte sich durch Beimischung von Muskelsubstanz zum Skelett erhöhen, da der Wert für die Muskelsubstanz 16,85 beträgt. Woher dieser niedere Aschegehalt, gepaart mit hohem Skelettgewicht der Gruppe V rührt, ist vorläufig nicht aufzuklären.

Die mit der Dauer der Winterruhe sich vollziehende Wandlung läßt sich näher verfolgen, wenn wir zum Ausgleich des ungleichen Gewichtes der Gruppen die Werte auf 1000 Tier beziehen.

Tabelle 24.

1000 Tier enthält

Gruppe	Organe	frisch	trocken	Fett	Asche	N	Rest-N	Org. Subst. fettfrei
V	Haut	139,5	35,52	2,48	4,53	4,96	0,27	28,51
	Skelett	155,4	50,92	4,91	21,52	3,37	0,18	24,49
	Muskel	589,9	111,20	13,59	8,33	15,05	1,73	89,28
	Eingew.	115,2	23,73	3,86	1,47	2,63	0,56	18,40
	Tier	1000	225,37	24,84	35,85	26,01	2,74	160,68
III	Haut	155,2	37,29	1,72	5,06	5,32	0,21	30,51
	Skelett	119,1	42,60	1,97	21,61	2,78	0,08	19,02
	Muskel	606,5	103,50	9,90	8,36	14,07	1,61	85,24
	Eingew.	119,2	23,26	2,60	1,48	2,69	0,55	19,18
	Tier	1000	206,65	16,19	36,51	24,86	2,45	153,95
IV	Haut	149,4	35,60	1,88	4,53	5,11	0,25	29,19
	Skelett	114,1	42,10	3,15	21,06	2,78	0,15	17,89
	Muskel	616,8	108,68	13,64	8,87	14,32	1,54	86,17
	Eingew.	119,7	23,81	3,47	1,51	2,70	0,46	18,83
	Tier	1000	210,19	22,14	35,98	24,91	2,40	152,08
II	Haut	174,0	39,22	1,07	5,70	5,80	0,34	32,45
	Skelett	144,0	48,41	1,07	22,81	3,39	0 11	24,53
	Muskel	570,9	87,75	5,77	8,70	12,37	1,76	73,28
	Eingew.	111,1	18,73	0,52	1,66	2,39	0,55	16,55
	Tier	1000	194,11	8,44	38,87	23,95	2,76	146,81
I	Haut	179,7	37,81	1,00	5,85	5,45	0,41	30,96
	Skelett	155,2	51,47	1,04	27,85	3,29	0,31	22,58
	Muskel	568,6	80,84	6,89	7,86	11,30	1,69	66,09
	Eingew.	96,5	15,02	0,36	1,17	2,01	0,58	13,49
	Tier	1000	185,14	9,29	42,73	22,05	2,99	133,12

Hier kommt deutlich zum Ausdruck, wie Trockenmenge, Fett, N sowie auch fettfreie Organsubstanz mit der Dauer der Winterruhe, d. h. der Wirkung des Hungers abnimmt, die Asche und der Rest-N dagegen ansteigt.

Es ändert sich aber während der Winterruhe nicht allein die Zusammensetzung der Organe, sondern auch das Verhältnis der Organgewichte zueinander. Da nun bei Gruppe V das Skelettgewicht ausnahmsweise hoch erscheint, sollen die normalen Werte aus der Gruppe V mit Gruppe III, die gegenüber dem Anfangsgewicht nur 5 % verloren hat, in ihrer Zusammensetzung also wohl noch als normal gelten kann, gebildet werden. Wenn wir auf fettfreie Substanz umrechnen, erhalten wir:

Tabelle 25.

Organgewichtsänderung während der Winterruhe für 1000 fettfreies Tier.

	Frisch				Trocken			
	Haut	Skelett	Muskel	Eingew.	Haut	Skelett	Muskel	Eingew.
Anfang $\left(\frac{\text{Gr.V+III}}{2}\right)$	148,2	136,7	598,7	116,4	177,4	223,7	494,1	104,8
Ende (Gr. I)	180,4	155,6	567,0	97,1	209,4	286,8	420,5	83,3

Also eine wesentliche Zunahme der Gerüstorgane und ein Zurückgehen der Weichteile. Zu Anfang ist das Verhältnis der Gerüstsubstanzen zu Weichteilen wie 1:2,51 frisch und 1:1,49 trocken, zu Ende der Winterruhe aber wie 1:1,98 frisch und 1:1,02 trocken.

Beides, die ungleiche Abnahme der einzelnen Organe wie auch die Aenderungen in ihrer Zusammensetzung, bedingen wiederum eine Aenderung in der Zusammensetzung des ganzen Tieres. Legen wir die Gerüstsubstanzen einerseits, die Weichteile andererseits zusammen, so ergibt sich für die Zusammensetzung des Tieres:

Tabelle 26.

1000 frisches Tier enthält

	Gerüstsubstanz						Weichteile					
	Gewicht	Fett	Asche	N	R.-N	Org. Sub. fettfrei	Gewicht	Fett	Asche	N	R.-N	Org. Sub. fettfrei
Gruppe V	294,9	7,39	26,05	8,33	0,45	53,00	705,1	17,45	9,80	17,86	2,29	107,68
Gruppe I	334,9	2,04	33,70	8,74	0,74	53,54	665,1	7,25	9,03	13,31	2,27	79,58

Mit der Zunahme des relativen Gewichtes der Gerüstsubstanzen nehmen auch bis auf das Fett ihre Bestandteile zu, und die Weichteile mit ihren Bestandteilen ab, aber nicht in gleichem Umfange, denn Wasser und Rest-N ändern sich kaum.

Stellen wir uns die Zahlen für das ganze Tier zusammen, so ergibt sich:

Tabelle 27.

1000 Tier enthält

	H_2O	Fett	Asche	N	R.-N	Org. Subst. fettfrei
Gruppe V	778,6	24,8	35,9	26,0	2,74	160,7
Gruppe I	814,9	9,3	42,7	22,1	2,99	133,1

Also Wasser, Asche und Rest-N nimmt zu, Fett, N und fettfreie organische Substanz ab. Und die Ursache des erhöhten Wassergehaltes liegt wohl darin, daß während der Winterruhe Stoffe im Tiere sich ansammeln, die diese erhöhte Wassermenge bedingen, das sind wohl Salze und intermediäre Stoffwechselprodukte.

f) Die Aenderung während der Winterruhe in absoluten Werten.

Um ein vollständiges Bild über die Aenderungen während der Winterruhe zu erhalten, haben wir die Zusammensetzung der Tiere zu Anfang und Ende der Winterruhe zu berechnen und die Werte miteinander zu vergleichen. Da der Anfangszustand der Tiere nicht ermittelt werden kann, haben wir die Gruppe V, deren Zusammensetzung zu Anfang des Versuchs bestimmt wurde, als Kontrollgruppe zu Hilfe zu nehmen. Wir müssen uns aber darüber klar sein, daß trotz der sorgfältigen Auswahl von je 5 Fischen zu einer Gruppe doch kleine Ungleichheiten zwischen den Gruppen vorkommen, wie sie uns im Verlauf unserer Betrachtungen schon entgegengetreten sind. Wenigstens in bezug auf Haut und Skelett, was bei den vergleichbaren Gruppen V und III deutlich zum Ausdruck kommt (Tabelle 20).

Tabelle 28.

Aenderungen während der Winterruhe für 1000 g Tier

Gruppe	Vers.-Tage	Umgeb.-Temp.	Frisch	Trocken	Fett	Asche	N	Rest-N	Org Subst. fettfrei
				Haut					
V	Kontrolle		139,5	35,51	2,48	4,53	4,96	0,28	28,50
III	66	6,8	144,9	34,82	1,61	4,73	4,98	0,19	28,49
IV	120	6,7	138,4	32,98	1,74	4,20	4,73	0,23	27,04
II	64	15,4	144,3	32,51	0,89	4,73	4,81	0,28	26,89
I	122	15,4	134,8	28,38	0,75	4,39	4,08	0,31	23,23
				Skelett					
V	Kontrolle		155,4	50,92	4,91	21,52	3,37	0,18	24,49
III	66	6,8	111,2	39,79	1,84	20,18	2,59	0,08	17,76
IV	120	6,7	105,7	39,00	2,92	19,51	2,58	0,14	16,57
II	64	15,4	119,3	40,13	0,89	18,90	2,81	0,08	20,34
I	122	15,4	116,4	38,63	0,78	20,90	2,46	0,23	16,95
				Muskel					
V	Kontrolle		589,9	111,20	13,60	8,33	15,05	1,73	89,27
III	66	6,8	566,3	96,65	9,24	7,81	13,14	1,51	79,60
IV	120	6,7	571,3	100,67	12,64	8,22	13,27	1,43	79,81
II	64	15,4	473,2	72,73	4,78	7,21	10,25	1,45	60,74
I	122	15,4	426,7	60,66	5,17	5,90	8,49	1,26	49,60
				Eingeweide					
V	Kontrolle		125,7	23,73	3,86	1,47	2,63	0,55	18,40
III	66	6,8	111,4	21,72	2,43	1,38	2,51	0,52	17,91
IV	120	6,7	110,9	22,05	3,21	1,41	2,51	0,43	17,44
II	64	15,4	92,1	15,52	0,43	1,37	1,98	0,46	13,72
I	122	15,4	72,5	11,27	0,27	0,88	1,51	0,43	10,12

Ebenso konnte der Fettgehalt der einzelnen Gruppen zu Beginn des Versuches verschieden sein, und dadurch auch einen ungleichen Verlauf in der Abnahme der Tiere bedingen, indem der Fettgehalt die Eiweißzersetzung und so die Größe des Gewichtsabfalls während des Hungers wesentlich beeinflußt. Die so berechneten Werte kranken aber an einem weiteren Fehler, an dem ungleichen Anfangsgewicht der einzelnen Gruppen. Dieser läßt sich allerdings korrigieren, indem wir das Anfangsgewicht = 1000 setzen und das Endgewicht darauf beziehen. So erhalten wir vergleichbare Zahlen, denen nur die obengenannten Ungenauigkeiten noch anhaften (siehe Tab. 28).

Im allgemeinen nehmen selbstverständlich die Gewichte mit der Versuchsdauer ab. Nur macht sich auch hier wieder das relativ hohe Skelett- und niedere Hautgewicht der Gruppe V bemerkbar. Ebenso weisen die Fettwerte darauf hin, daß zu Beginn des Versuches die Fettmenge in Gruppe IV und I jedenfalls höher gewesen sein muß wie in III und II. Dadurch erklärt sich auch die raschere Gewichtsabnahme der letzteren Gruppen (S. 92).

Aus dieser Tabelle läßt sich die Abnahme der einzelnen Bestandteile der Organe wie des ganzen Tieres für die einzelnen Gruppen leicht bestimmen.

1. Bestandteile. Beziehen wir das Endgewicht der Bestandteile auf das Anfangsgewicht 100, so ergibt sich:

Tabelle 29.

Gruppe	Vers.-Tage	Umgeb.-Temp.	Frisch	Trocken	Fett	Asche	N	Rest-N	Org.Subst. fettfrei
				Haut					
V	Kontrolle		100	100	100	100	100	100	100
III	66	6,8	103,9	98,1	64,6	104,3	100,3	69,9	100,0
IV	120	6,7	99,2	92,9	70,0	92,7	95,5	84,6	94,9
II	64	15,4	103,4	91,5	35,8	104,3	97,1	99,4	94,4
I	122	15,4	96,7	79,9	30,3	96,9	82,4	110,5	81,8
				Skelett					
III	66	6,8	71,6	78,1	37,5	93,8	77,0	41,6	72,6
IV	120	6,7	68,0	76,6	59,6	90,6	76,6	76,5	67,6
II	64	15,4	76,8	78,8	18,1	87,8	83,4	46,8	83,0
I	122	15,4	74,9	75,9	15,9	97,1	73,1	126,7	69,2
				Muskel					
III	66	6,8	96,0	84,9	67,9	93,7	87,3	87,3	89,2
IV	120	6,7	96,9	90,5	92,9	98,7	88,2	82,7	89,4
II	64	15,4	80,2	65,4	35,2	86,6	68,1	84,1	68,0
I	122	15,4	72,3	54,6	38,0	70,8	56,4	73,2	55,5
				Eingeweide					
III	66	6,8	96,7	91,6	63 0	93,7	95,2	93,2	97,4
IV	120	6,7	96,2	92,9	83,1	95,7	95,1	76,9	94,8
II	64	15,4	79,9	65,4	11,3	92,9	75,1	82,2	74,6
I	122	15,4	62,9	47,5	6,9	59,8	57,2	78,3	55,0
				Tier					
III	66	6,8	93,4	87,2	60,8	95,1	89,3	83,7	89,5
IV	120	6,7	92,6	88,0	82,5	93,0	88,0	81,3	87,7
II	64	15,4	82,9	72,7	28,2	89,8	76,3	82,8	75,7
I	122	15,4	75,6	62,8	28,0	89,2	63,6	81,5	62,2

Am tiefsten sinkt der Fettgehalt, aber nicht gleichmäßig in allen Organen. Zum Teil deshalb, weil schon anfangs das Fett ungleich auf die einzelnen Organe verteilt war und auch unter dem Begriff „Fett" Stoffe zusammengefaßt werden, die verschiedene Funktionen besitzen und ungleich an dem Zerfall teilnehmen. Das gleiche gilt für den N. In allen Organen mit hohem Proteingehalt — Muskel und Eingeweide — sinkt der N-Gehalt bedeutend, in der Gruppe I um 44 resp. 43 %. Anders das Gerüsteiweiß; denn die Organe mit hauptsächlich Gerüsteiweiß — Haut und Skelett — zeigen eine N-Abnahme von nur 18 resp. 27 %, wobei der letztere Wert für das Skelett infolge des hohen Skelettgewichtes in Gruppe V jedenfalls zu hoch berechnet ist. Am wenigsten ändert sich der Rest-N, ihm gehören wohl verschiedene Substanzen von ungleicher biologischer Bedeutung an, und er ergänzt sich wenigstens zum Teil aus der Zersetzung von Eiweißsubstanzen. Auch die Aschebestandteile lassen sich in verschiedene Gruppen scheiden, solche, die mit Organsubstanz verknüpft als Bestandteile der Zelle zu bewerten sind, und solche, welche gelöst in den Flüssigkeiten des Körpers sich finden. Die Aschebestandteile gehen also nicht wie der N konform der organischen Substanz, sie sinken in allen Organen, zum Teil wie in Haut und Skelett wesentlich, geringer als diese und verhalten sich ähnlich wie das Wasser, das ebenfalls in geringem Maße abnimmt, also prozentig wie die Asche sich erhöht.

2. Organgewichte. Wie schon besprochen, nehmen die Organe während der Winterruhe ungleich ab, am deutlichsten zu sehen, wenn wir die fettfreie Trockensubstanz vergleichen, und die Abnahme auf gleiche Zeiten, d. i. 100 Tage, umrechnen. Haut und Skelett nimmt wenig, Muskel und Eingeweide bei den Warmtieren erheblich ab.

Tabelle 30.

Gruppe	Kalttiere (Temp. 6,6°)					Gruppe	Warmtiere (Temp. 15,4°)				
	Haut	Skelett	Muskel	Eingeweide	Tier		Haut	Skelett	Muskel	Eingeweide	Tier
III	100,7	73,5	84,2	95,6	85,6	II	93,4	77,0	52,5	62,3	66,1
IV	95,5	80,5	91,8	95,7	95,0	I	86,6	85,5	64,6	63,4	73,0

Die Werte für beide Kalttiere sowie beide Warmtiere sollten gleich sein. Das sind sie nicht, weil die schon genannten Ungleichheiten der Anfangswerte sich auch hier geltend machen. Im großen und ganzen stehen aber die Zahlen bei den kürzer dauernden Versuchen wohl auch deshalb zurück, weil während des Hungers die Zersetzungsgröße nach dem Gewicht des Tieres sich richtet[4]), die relative auf 100 Tier bezogene Abnahme demnach mit der Dauer der Winterruhe absinken muß (siehe auch S. 109).

3. Das ganze Tier. Es erübrigt nur, die absoluten Gewichtsverluste von 1000 Tier anzufügen, wiederum umgerechnet auf die gleiche Versuchsdauer von 100 Tagen.

[4]) M. Rubner: Zeitschr. f. Biol. **19**, und E. Voit: Zeitschr. f. Biol. **41**, 143, 1901.

Tabelle 31.

Gruppe	Vers.-Tage	frisch	trocken	Fett	Asche	E.-N	R.-N	Org. Subst. fettfrei
				Kaltfische (Temp. 6,6°)				
III	66	100,3	43,0	14,7	2,65	3,56	0,67	25,6
IV	120	61,4	22,2	3,6	2,09	2,01	0,43	16,5
				Warmfische (Temp. 15,4°)				
II	64	267,3	94,5	27,9	5,69	8,89	6,73	60,9
I	122	204,6	67,6	14,7	3,10	7,34	0,42	49,8

Die Zahlen sagen nichts Neues. Wir kommen mit ihnen zu den gleichen Folgerungen, die wir schon aus den vorausgehenden Zusammenstellungen gezogen. Nur treten hier die Unterschiede im Verlust der Kalt- und Warmtiere wie ihrer Bestandteile noch klarer hervor und sichern die Schlußfolgerungen, zu denen wir durch unsere Betrachtungen gekommen.

*

Unsere Versuchsresultate gestatten auch eine Anwendung auf die praktische Fischzucht. Die Fische haben während der ganzen Winterruhe an Masse eingebüßt, natürlich da sie ohne Nahrungszufuhr von ihrem eigenen Materiale — Fett und Eiweiß — zehren mußten, aber entsprechend der Außentemperatur in ganz verschiedenem Grade. Wie auf S. 93 die Tabelle 9 entnehmen läßt, zeigen die Fische bei 8—9° Wassertemperatur einen Gesamtverlust von 6,8 % für 100 Tage. Die beigefügte Kurve 3 lehrt uns, daß ihr Wendepunkt bei etwa 10° liegt. Erst von dieser Temperatur beginnend erfolgt eine Steigerung der Zersetzungsvorgänge und ein nennenswerter Gewichtsverlust, so daß die Schleie wenigstens bis zur Wassertemperatur von 10° zur Erhaltung ihres Bestandes während der Winterruhe keiner künstlichen Fütterung bedarf.

g) Wachstumsvorgänge während der Winterruhe.

Wir sind schon verschiedentlich auf die Frage gestoßen, ob während der Winterruhe Wachstumsvorgänge zu beobachten sind. Nach den Erörterungen auf S. 94 und 96 ist ein Größenwachstum unter den gegebenen Bedingungen sehr unwahrscheinlich, jedenfalls in unseren Versuchen nicht nachzuweisen. Von den Organen wären es die Geschlechtsorgane, die evtl. Maßenzunahme zeigen könnten, wie es bei Poikilothermen schon vielfach trotz des vorhandenen Hungerzustandes nachgewiesen wurde. In unseren Versuchen ist dafür kein deutlicher Anhaltspunkt gegeben. Wir haben:

Tabelle 32.

	Frisch					Trocken				
	Kontrolle	Kaltfische		Warmfische		Kontrolle	Kaltfische		Warmfische	
Versuchstage	—	66	120	64	122	—	66	120	64	122
Gruppe	V	III	IV	II	I	V	III	IV	II	I
Geschl. App. in g	4,56	5,14	6,10	5,25	4,15	0,78	0,85	0,98	0,86	0,70
Anfangstiergew.	191	192	193	195	196					

Wir sind aber doch auf eine Wachstumserscheinung gestoßen, die der Erwähnung wert ist. Zur Unterscheidung der einzelnen Fische wurde zu Anfang des Versuchs die Schwanzflosse verschiedenartig gekürzt. Nun stellte sich bei Beendigung des Versuches an der letzten Gruppe I, die bei etwa 16° Wassertemperatur gehalten wurde, heraus, daß die Unterscheidung der einzelnen Fische schwer fiel, und bei näherer Betrachtung zeigten sich die abgeschnittenen Flossenenden ein gutes Stück nachgewachsen. Wie bei durchscheinendem Lichte deutlich zu erkennen, waren es weniger die Flossenstrahlen als der häutige Ueberzug, der sich regeneriert hatte. Dieser Vorgang wurde bei weiteren zu Kontrollversuchen benutzten Fischen näher verfolgt. Es fand sich bei den Fischen mit 8° Wassertemperatur noch am 5. April, also 150 Tage nach Versuchsbeginn, der Schnittrand der Flosse scharf abgegrenzt, ohne sichtbare Neubildung. An den bei 12—13° Wassertemperatur gehaltenen Fischen dagegen ergab sich das gleiche Bild wie bei Gruppe I. Nur war die Regeneration der Flossenenden noch nicht so weit fortgeschritten. Auf Abb. 5 ist je eine der Flossen der bei 8 resp. 12° Wassertemperatur gehaltenen Fische abgebildet. Der Versuch hatte 150 Tage gedauert. Der Unterschied zwischen beiden Flossen ist deutlich zu sehen.

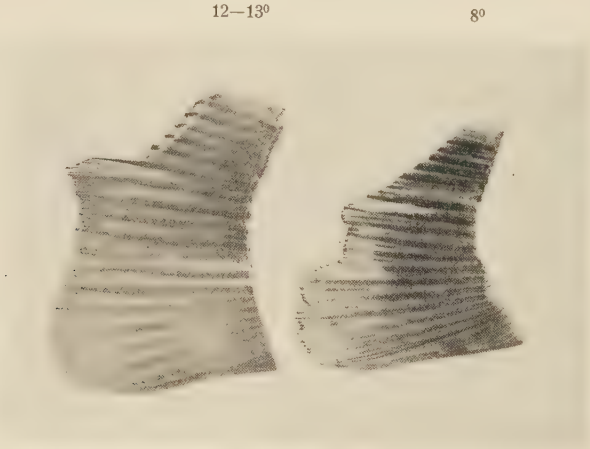

Abb. 4*).

Das Nachwachsen abgeschnittener Flossen bei Fischen ist vielfach schon beobachtet, auch der Einfluß von Alter und Wassertemperatur. Neu ist aber doch, daß die gleiche Beobachtung auch während der Winterruhe, also trotz des Hungerzustandes gemacht werden kann und daß auch hier die höhere Temperatur förderlich wirkt, obwohl der Verbrauch an Körpersubstanz bei ihr entsprechend größer ist.

Zusammenfassung.

Die Organgewichte von Fischen gleicher Größe und gleichen Gewichtes zeigen nur geringe Unterschiede, so daß man mit Mittelwerten rechnen kann.

*) Die photographische Aufnahme verdanken wir dem liebenswürdigen Entgegenkommen von Prof. Scheuring.

Ebenso ist deren Zusammensetzung, abgesehen von ungleichem Fettgehalt, im allgemeinen übereinstimmend, wenn auch geringe Differenzen vorkommen. Nur manche Eingeweide mögen individuellen Schwankungen unterworfen sein. Sie verschwinden, wenn man die Eingeweide zusammen als Gruppe betrachtet.

Während der Winterruhe, d. h. des Hungerzustandes, nimmt das Tier ab, entsprechend der Dauer und der Wassertemperatur, wobei namentlich Fett und Eiweiß verbraucht werden. Der Verbrauch steigert sich progressiv mit der Temperatur, er beträgt für die Schleie bei 7° 9 %, bei 15° 33 % der trockenen Substanz. Bei Temperaturen von 10° aufwärts setzt die Steigerung des Verbrauchs stärker ein. Die Abnahme verteilt sich ungleich auf die einzelnen Organe; Muskeln und Eingeweide verlieren viel, Haut und Skelett relativ wenig. Dadurch ändert sich die Zusammensetzung des Tieres. Die Trockenmenge, das Fett, der N mit der fettfreien Organsubstanz nimmt ab, die Asche, der Rest-N und das Wasser nimmt relativ zu.